**DOCUMENT EN COURS DE CONSTRUCTION**

# TRAITE « SCIENTIFIQUE »

## LES NOUVELLES INFLUENCES dans les métiers de l'Alimentation

***ou comment***

***les apports scientifiques donnent aux Métiers de l'Alimentation de nouvelles opportunités en matière de formation et de professionnalisation***

# *Éléments de problématique sur le caractère fondamental des ateliers expérimentaux*

*La mise en place de la rénovation des formations professionnelles préparant aux diplômes des baccalauréats professionnels des métiers de l'alimentation (boulanger pâtissier, boucher charcutier traiteur, poissonnier écailler traiteur) vise l'excellence de passeports pour l'insertion réussie dans des métiers de responsabilité allant jusqu'au pilotage d'entreprises artisanales ou à l'animation de services dans la moyenne et grande distribution.*

*Cette ambition justifie, pour chaque diplôme, une polyvalence dans la connaissance de l'environnement professionnel et de la maîtrise des techniques de base de deux métiers complémentaires. Au-delà de cette technicité essentielle et de ces savoir-faire, la compréhension des savoirs et leurs liens avec les disciplines enseignées sont au cœur du socle de connaissances que tout titulaire d'un de ces diplômes doit posséder pour pouvoir les transférer dans des concepts d'organisations et d'entreprises très divers.*

*Cet objectif impose une évolution des pratiques pédagogiques qui, sans négliger la part répétitive des apprentissages, doivent se fonder sur la réflexion expérimentale et les nécessaires liens entre l'acquisition des connaissances dans les enseignements professionnels et généraux dispensés.*

*Les démarches de « Bonnes pratiques d'hygiène, de santé & de sécurité au travail » et « d'analyse sensorielle » suscitent, tout au long du processus de production et jusqu'à la vente, une autoévaluation permanente sur les caractéristiques scientifiques, techniques et commerciales du produit. Ces approches transversales sont un excellent moyen pour faire évoluer les pratiques.*

*Ce traité scientifique contribuera d'autant mieux à cette fin qu'il induira un engagement collectif des inspecteurs et des professeurs à en enrichir le contenu par des ressources et expériences pédagogiques mais aussi des apports scientifiques…*

**Christian PETITCOLAS**
**Inspecteur général de l'Éducation nationale**

# SOMMAIRE

*BIBLIOGRAPHIE :* ....5
*Propos liminaire* ....9
*INTRODUCTION*....10
1 TRAITÉ « *scientifique* »: étude des constituants de la matière vivante et de leurs interactions : ....14
1.1 Etude de l'EAU : MISE A JOUR 25 AVRIL 2008 ....16
1.1.1 Présentation générale : ....16
1.1.2 Les réactions de l'eau à la température ou l'étude des changements d'état de l'eau : ....18
1.1.2.1 Les réactions exothermiques : ....18
1.1.2.1.1 La liquéfaction : ....18
1.1.2.1.2 La solidification : ....18
1.1.2.1.3 La condensation : ....19
1.1.2.2 Les réactions endothermiques : ....20
1.1.2.2.1 La fusion : ....20
1.1.2.2.2 La vaporisation : ....20
1.1.2.2.3 La sublimation : ....21
1.1.2.3 Les facteurs variables des changements d'état de l'EAU : ....21
1.1.3 Les réactions de l'eau aux principaux constituants de la matière vivante : ....23
1.1.4 Les réactions de l'eau au contact d'un alcool : ....23
1.2 Etude des LIPIDES : ....24
1.2.1 Présentation générale : ....24
1.2.2 Les réactions des lipides : ....27
1.2.2.1 Au contact de l'eau : l'insolubilité ....27
*1.2.2.2* Au contact de l'eau et en présence d'agents tensio-actifs : l'émulsion ....28
1.2.2.3 Au contact de l'air : l'oxydation ....31
1.2.2.4 Au contact de molécules odorantes : l'enfleurage....32
1.2.2.5 Au contact de la température : ....32
1.2.2.5.1 La cristallisation : ....33
1.2.2.5.2 La fusion : ....35
1.2.2.5.3 La pyrolyse : MISE A JOUR 25 AVRIL 2008....36
1.2.2.6 Sous l'action mécanique : ....38
1.3 Etude des PROTIDES : ....40
1.3.1 Présentation générale : ....40
1.3.2 Les réactions des protéines : ....43
1.3.2.1 Avant propos : la question de la dénaturation ....43
1.3.2.2 Au contact de l'eau : MISE A JOUR 25 AVRIL 2008....43
1.3.2.3 Au contact de la température : ....45
1.3.2.3.1 La fusion : ....45
1.3.2.3.2 La gélification thermique : MISE A JOUR 25 AVRIL 2008 ....45
1.3.2.3.3 Le cas particulier de la gélification thermique au contact de l'azote liquide : ....50
1.3.2.4 Au contact d'un milieu acide : la gélification acide MISE A JOUR 25 AVRIL 2008 ....51
1.3.2.5 Au contact d'alcool : ....52
1.3.2.6 Au contact d'enzymes (protéinases) : ....52
1.3.2.7 Le cas particulier des enzymes responsables de fermentation : ....54
1.3.2.8 Par l'action mécanique : ....55
1.3.2.9 Le foisonnement : ....56
1.3.2.9.1 Le foisonnement par action mécanique ....56
1.3.2.9.2 Le foisonnement par ajout direct de gaz : ....60
1.4 Etude des GLUCIDES : ....62
1.4.1 Présentation générale : ....62
1.4.2 Les réactions des glucides : ....65
1.4.2.1 Au contact de l'eau : ....65
1.4.2.1.1 Le cas du saccharose : ....65
1.4.2.1.2 Le cas des autres sucres : ....65
1.4.2.1.3 Le cas des glucides de réserve : ....66

1.4.2.2 Au contact de sel et/ou de sucre : 67
1.4.2.3 Au contact d'un alcool : 67
1.4.2.4 Au contact d'enzymes : MISE A JOUR 25 JUILLET 2008 67
1.4.2.5 Au contact d'un acide : MISE A JOUR 26 AVRIL 2008 68
1.4.2.6 Au contact de l'air : le brunissement enzymatique MISE A JOUR 25 AVRIL 2008 68
1.4.2.7 Au contact de la température : 69
1.4.2.7.1 Avant propos : les températures de cuisson 69
1.4.2.7.2 La fusion : 69
1.4.2.7.3 La dextrinisation : 70
1.4.2.7.4 La caramélisation : 70
1.4.2.7.5 Les réactions de Maillard : 71
1.4.2.7.6 La gélatinisation : 72
1.4.2.7.7 La gélification par l'amidon : 73
1.4.2.7.8 La gélification par d'autres hydrocolloïdes : MISE A JOUR 13 MAI 2008 74
1.4.2.7.9 La cristallisation : MISE A JOUR SEPTEMBRE 2007 81
1.5 Étude des nutriments non énergétiques : 85
1.5.1 Les sels minéraux : 85
1.5.2 Les fibres : 85
1.5.3 Les vitamines : 85
1.6 Des constituants de la matière vivante aux fabrications : étude de leurs interactions dans les systèmes dispersés : 87
1.6.1 Présentation schématique des matières premières : MISE A JOUR SEPTEMBRE 2007 87
1.6.1.1 Effet sur les volumes, sur les masses : 92
1.6.1.2 Effet sur la densité : 92
1.6.2 Les phénomènes d'échange entre les milieux : 93
1.6.2.1 Le contact liquide - liquide : MISE A JOUR 26 AVRIL 2008 93
1.6.2.1.1 La diffusion : 93
1.6.2.2 Le contact solide - solide ou solide – liquide : 95
1.6.3 Les mélanges, et les facteurs de stabilisation des mélanges : MISE A JOUR 25 AVRIL 2008 95
1.6.3.1 Préambule : l'étude des phénomènes de déstabilisation 97
1.6.3.1.1 Les altérations physiques : 97
1.6.3.1.2 Les altérations chimiques et biochimiques : 100
1.6.3.1.3 Les altérations microbiologiques : 101
1.6.3.2 La stabilisation par la maîtrise de l'eau : MISE A JOUR 25 AVRIL 2008 102
1.6.3.2.1 L'activité de l'eau (aw) : 103
1.6.3.2.2 L'humidité relative (HR) et l'humidité relative d'équilibre (HRE) : 106
1.6.3.2.3 Les facteurs agissant sur l'activité de l'eau : 108
1.6.3.2.4 Le cas des ingrédients alimentaires utilisés comme hydrocolloïdes : MISE A JOUR 18 JUIN 2008 110
1.6.3.2.5 Le cas des additifs alimentaires utilisés comme hydrocolloïdes : MISE A JOUR 18 JUIN 2008 112
1.6.3.3 La stabilisation par la maîtrise des mélanges et des fabrications : MISE A JOUR 26 AVRIL 2008 120
1.6.3.4 La stabilisation par la maîtrise des micro-organismes : MISE A JOUR 25 AVRIL 2008 124
1.6.3.4.1 L'action directe sur les micro-organismes responsables d'altération : 124
1.6.3.4.2 L'action par les micro-organismes : 125
1.6.3.5 La stabilisation par la maîtrise des températures ; MISE A JOUR 25 AVRIL 2008 126
1.6.3.5.1 Le traitement thermique par le froid ; 126
1.6.3.5.2 Le traitement thermique par la chaleur ; 129
1.6.3.5.3 Un exemple en Chocolaterie : la stabilisation du chocolat de couverture par la technique de pré cristallisation (procédé thermique et mécanique) : 131
1.6.3.6 La stabilisation par la maîtrise du pH : MISE A JOUR 9 AOUT 2008 132
1.6.3.7 La stabilisation par la maîtrise de l'oxygène de l'air : MISE A JOUR 25 AVRIL 2008 135
1.6.3.8 L'exemple de la table analytique comme outil de stabilisation physique et microbiologique d'une fabrication : 136
1.6.3.8.1 La table analytique appliquée en Glacerie : MISE A JOUR 25 AVRIL 2008 136
1.6.3.8.2 La table analytique appliquée en Chocolaterie - Confiserie : 145

# BIBLIOGRAPHIE :


## OUVRAGES :

- « Alimentation et processus technologiques », Edition Educagri, Alain Branger – Marie – Madeleine Richer – Sébastien Roustel, 2008
- « Comprendre la cuisine pour mieux la maîtriser », Editions BPI, Dominique Béhague, 2ème trimestre 1991
- « De la science aux fourneaux », Hervé This – Editions Belin *Pour la science*, mai 2007
- « Construisons un repas », de Hervé This et Marie-Odile Monchicourt, Editions Odile Jacob, Février 2007
- « Au cœur des saveurs », Frédéric Bau, Montagud Editores 2006
- « La nouvelle cuisine des desserts », Oriol Balaguer, Montagud Editores, 2006
- « Idées, 100 techniques de créativité pour les produire ou les gérer », Guy Aznar, Editions d'Organisation, Juin 2005
- « Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits », Volume 1 (Stabilisation biologique et physico-chimique) et volume 2 (Technologie des produits alimentaires), de Romain Jeantet / Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006
- « Biochimie des aliments – Diététique du sujet bien portant », Marlène Frénot & Elisabeth Vierling, Sciences des aliments, série dirigée par Guy Leyral Collection Biosciences et techniques, Doin Editeurs
- « Protéines alimentaires », JC Cheftel – JL Cuq – D. Lorient, Editions Lavoisier
- « Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments », de Jean-Claude et Henry Cheftel, Technique et Documentation – Editions Lavoisier, volume 1 – Septembre 1992
- « La cuisine professionnelle », de Yannick Masson et Jean-Luc Danjou, Editions Jacques Lanore, Octobre 2003
- « Cuisinier nostalgique : entre restaurant et cantine », Paris, CNRS Editions, 2002
- Casseroles & éprouvettes », Hervé This, Editions Belin – Pour la science, Mai 2002
- « Révélations gastronomiques », de Hervé This – Editions Belin, Mai 1995
- « Le sous-vide et les technologies actuelles en cuisine », François Choain et Philippe Noël, Editions Jacques Lanore

## DOSSIERS – DOCUMENTS : MISE A JOUR 25 JUILLET 2008

- Dossier « *Améliorants de panification : comment s'y retrouver ?* », article d'Armand Tandeau, publié dans le Trait d'union n°50 de Juillet 2008, de l'Association nationale des professeurs de Boulangerie (AAINB)
- Documentation Kalys Gastronomie, « Cuisine créative – Kit de création culinaire », 2008 (www.gastronomie.kalys.com)
- Guide des bonnes pratiques d'hygiène en Pâtisserie, réalisé par la Confédération nationale de la Boulangerie et Boulangerie – Pâtisserie française, et par le Confédération nationale de la Pâtisserie – Confiserie – Chocolaterie – Glacerie de France, validé par décision du 19 décembre 1997
- Repères pour la formation, CAP Cuisine, Mai 2005
- JG Ponte du département Sciences des céréales, dans « Le sucre – applications alimentaires », du CEDUS
- Documents Fiche Précis technologique de la plateforme de travail collaboratif, Pâtisserie
- « Les propriétés physiques et chimiques du saccharose », Dossier CEDUS avec la collaboration de l'Université de Reims (professeur : M. Mathlouthi)
- Le sucre – applications alimentaires, documentation CEDUS, 1990
- Document du Pôle de l'ENSP – Sylvia ARSAC et Mathieu Barriquault, dans Le journal du pâtissier – n°308, Mai 2006
- La lettre technologique de l'ENSP,
  - Edition n°10 de Décembre 2001 (la congélation d'une crème pâtissière), Sylvia Petrowitsch
  - Edition n°16, portant sur l'équilibre d'une ganache, l'aw, la congélation, Pascal Liangeaud
- Documentations fournisseurs Gamme Texturas et Khalis Gastronomie
- Enquête Génération 2001 du Centre d'Etudes et de Recherches sur les Qualifications (CEREQ)

- "Repère CAP Cuisine » accompagnant la rénovation du CAP – 2005, Dominique Behague, IUFM Paris – Anthony
- F. Cros, INRP, dans le cadre de la construction de la banque de données de recherche NOVA- 1996

**PERIODIQUES : MISE A JOUR 18 JUIN 2008**

- Sciences et vie,
  - n°1077 – Juin 2007, « Pour l'auto, le petit lait se change en éthanol », page 28
  - n°1081 – Octobre 2007, « Pourquoi la menthe procure-t-elle une sensation de froid ? », page 138
- Hors série Sciences & vie, « Manger », n°238 – Mars 200
  - article « Le sacre de la cuisine expérimentale », de Philippe Testard – Vaillant
  - article « Paroles de chefs », de Philippe Testard – Vaillant
- L'Hôtellerie :
  - n°3017 du 22 Février 2007 – « Tradition – Fusion, Innovation – Provocation », par Bernadette Gutel
  - Hors série L'Hôtellerie, Juin 2006
  - Hors série Mars 2006 : « Gélatine, agar-agar, carraghénanes, xanthane, … les gels d'hier, d'aujourd'hui et de demain », Hervé This
  - n°2903, du 16 décembre 2004
  - L'Hôtellerie, supplément magazine, 5 Février 2004, « Les huiles de friture et notre santé »
- Magazine Air France, n°118 Février 2007 – Le monde selon Thierry Marx, par Olivier Chartier
- L'Express :
  - n°2848, Février 2006 – « Bistronomie ,Sébastien Demorand, journaliste au Zurban – Nicolas Magie
  - L'Express Mag, du 9 Février 2004
- Collectivités express n°169, Janvier – Février 2003, article « La formation professionnelle, entre art et science »
- La cuisine collective, Juin – Juillet 2008, n°212 – Article « *Doit on couvrir un bouillon ?* », de Hervé This
- Le Chef :
  - Avril 2006, n°176, « Festival de la créativité gastronomique – Créativité, mode d'emploi
  - n°173, Décembre 2005
    - Pierre Gagnaire, « La créativité : donner un sens à sa vie », Georges Colan, page 3
    - Jacques Décoret, « Synthèse de la créativité et de la technique », Georges Colan, page 16
  - n°172, Novembre 2005, Georges Colan– « Recettes de la modernité », page 39
  - n°171, Octobre 2005
    - Marc Veyrat, « Marc Veyrat, Penser une cuisine du XXIème siècle », page 50
  - n°170, Août – Septembre 2005
    - Michel Bras, « Michel Bras – Créativité émotionnelle », Georges Colan page 33
    - Jean-François Piège, « Jean-François Piège : Evoluer par l'analyse du passé et du présent », Georges Colan
  - n°168 – Mai 2005
- Historia, Février 2005, « Chupa chups, une douceur planétaire », par Audrey Emery
- Le Monde de l'éducation, Septembre 2005, enquête menée en 2002 – 2003 par Francianne Taboga et Annie – Claude Rodot
- Le Monde 2 – 25 et 26 Janvier 2004, Extrait de la carte de Ferran Adrià
- HTR de Janvier 2005, « La gastronomie est-elle soluble dans la science ? »
- Revue « L'actualité chimique », novembre décembre 2004, n° 280 – 281
  - « La complémentarité enseignement / vulgarisation », Jean-Michel Lefour et Gilberte Chambaud
  - "Les pièges de la médiation scientifique – Proposition de bonnes pratiques", de Richard – Emmanuel Eastes
  - "Des chercheurs dans les classes !", de Richard – Emmanuel Eastes
  - « Vulgariser la chimie : obstacles et solutions »
  - "Vulgariser la chimie, entre le savoir et l'imaginaire", de Paul Caro
  - "Vive la chimie, en particulier et la connaissance en général", Hervé This

- Sud Ouest Dimanche – Dimanche 22 Février 2004, Michel Guérard
- Le Journal du pâtissier :
    - n°307, Avril 2006, page 70« Comment équilibrer ses recettes de ganache ? », à partir des travaux du Pôle Innovation de l'ENSP, Mathieu Barriquault
    - n°279, Octobre 2003 – « Durée de fraîcheur des ganaches », de Jean-Pierre Richard
    - n°245, Septembre 2000
- Magazine Mesures n°751, Janvier 2003
- La cuisine collective :
    - Novembre 2006, article « Le vinaigre réduit », Hervé This
    - Octobre 2005
    - Novembre 2003, "Bilan de cuisine", Hervé This
- Pour la science, hors série, article « La viande de bœuf : structure et tendreté », de Bernard Louis Dumont
- Thuries Magazine Gastronomie :
    - n°149, Mai 2003, article « *Le cru et le cuit* », de Hervé This
    - n° 133, Octobre 2001, article « *Pas d'expansion, pas de concentration* », de Hervé This
- « Recherche et Formation » :
    - n°49, 2005 :
        - « Travailler ensemble ? Des réformes éducatives aux pratiques enseignantes », de Claude Lessard (Université de Montréal) et Anne Barrère (Université de Lille III)
        - « Développer le professionnalisme collectif des futurs enseignants par les TIC », de Thierry Karsenti
    - N°31, chapitre « Innovation pédagogique et identité professionnelle de l'enseignant », Christophe Marsollier – INRP, 1999
- La revue de l'EPI n°103, L'accompagnement scolaire sur Internet(ou E-Learning) dans l'enseignement secondaire, de Claude Borgel


**INTERNET :**


- Gamme des Texturas, Albert et Ferran Adrià – Source : http://www.texturaselbulli.com/FRA/
- BO spécial n°2 du 9 mars 2000
- Note de service n°2000-078 du 8 juin 2000
- "La rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école » - document pdf, in http://www.inrp.fr/lamap/
- André Giordan ('Université de Genève, directeur du laboratoire de didactique des sciences), source : www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan
- Bruno Goussault, Sujets interactifs du site du Journal « l'Hôtellerie », 2006 : « Salubrité des produits cuits sous vide à juste température et durée de vie »
- Christine Chède, société Adrianor, documentation sur la gélatine
- Catherine Foucaud-Scheunemann, mission Communication – INRA
- http://cultureetloisirs.france2.fr/gastronomie/10063558-fr.php
- Encyclopédie Universalis, 2005
- Centre national de ressources textuelles et lexicales, lien : http://www.cnrtl.fr/etymologie/artisan
- Wikipedia, lien : http://fr.wikipedia.org/wiki/Accueil
- Activité de l'eau – informations d'Edmond Peulot, lien : http://perso.orange.fr/edmond.peulot/ACTIVITE.HTM


**CONFERENCES, COLLOQUES :**


- "De l'enseignement à l'information scientifique : quelques repères sur l'histoire institutionnelle de la culture scientifique, technique et industrielle", conférence du professeur D. Jacobi – Université d'Avignon
- Conférence d'André Giordan (de l'Université de Genève, directeur du laboratoire de didactique des sciences), Amphithéâtre du site de Rangueil – Jeudi 13 Octobre 2005
- Extrait de la conférence donnée sur le thème du design culinaire, IUFM Midi-Pyrénées, site de Saint-Agne, mercredi 15 Juin 2005

**AUTRES :**

- Règlement 852/2004
- Dictionnaire Le petit Larousse, grand format, Editions 1996

**CONTRIBUTIONS des membres de la plateforme de travail collaboratif P@Tice :**

- **Jeanne Vernières Cassagne**, formatrice Biotechnologie émérite – IUFM de Toulouse

- **Eric Kalinowski**, Pôle Innovation de l'INRACQ - Chambre de Métiers et de l'Artisanat d'Arras

**CONTRIBUTIONS exceptionnelles :**

- **Nathalie Giraud**, IUFM de Midi-Pyrénées, PRAG Sciences de la vie et de la Terre & Biotechnologie – Santé Environnement, Biotechnologie – Biochimie Génie biologique

- **Stéphanie Sagot,** designer et enseignante en design

- **Hervé This**, Physico chimiste INRA, Directeur Scientifique de la Fondation Science & Culture Alimentaire (Académie des sciences), Membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France, Conseiller Scientifique de la revue Pour la Science

- **Académie d'Aix Marseille** : Sébastien JOUAN, Yohann GOURDON, Jean-Pierre SACCO, Nicolas BARELLI (applications en boulangerie pâtisserie)

# *Propos liminaire*

Les métiers de l'Alimentation dans leur ensemble vivent de profondes mutations, par le biais des courants qui les traversent :

- **les courants d'influences scientifiques**, qui touchent de près les matières premières et les interactions entre leurs constituants, et/ou des agents extérieurs d'ordre mécanique, thermique, chimique, …sans oublier leurs caractéristiques d'un point de vue nutritionnelle et énergétique de leurs constituants, mais aussi les risques alimentaires liées à leur consommation ….

- **et les courants d'influences artistiques**, qui placent les matières premières, leur nature – leur assemblage – leur forme – les composantes organoleptiques ….dans un nouvel univers sémantique et esthétique.

Les courants d'influences artistiques bouleversent aussi la vision contemporaine des métiers de bouche. C'est un courant manifeste, qui s'exprime à travers ce que l'on nomme « **le design culinaire** », rapprochement effectif d'un designer et d'un professionnel.

Les courants d'influences scientifiques, touchant notamment à la nutrition et aux risques alimentaires tendent aujourd'hui à revoir le jour, sous la pression des médias et de la société ; Il est d'ailleurs évident de croire qu'il existe la place réellement d'une **alimentation dite « de santé »,** allusion à cet extraordinaire ouvrage datant de 1792 (« Le cuisinier royal ou cuisine de santé – adapté aux préparations les plus économiques et les plus salutaires de nos aliments », par M. Jourdan Le Cointe, Docteur en Médecine). La création de la Mention Complémentaire « Art de la Cuisine allégée » en est une preuve significative.
Enfin, le principal courant scientifique, dans ce qui est communément admis comme étant de la « **Cuisine moléculaire** », modifie profondément le rapport du professionnel à l'aliment, et les conduit dans une véritable exploration de nouvelles textures, saveurs, formes, …

C'est dans ce cadre et dans ces influences, notamment scientifique et artistique, que le projet d'un dossier dressant le portrait des deux courants emblématiques: **la Cuisine Moléculaire et le Design Culinaire**, a vu le jour.
D'emblée, le dossier ne se pose pas en vérité absolue, tant il aborde des savoirs parfois complexes, hautement scientifiques, notamment dans sa première partie, savoirs que nous nous sommes efforcés de vulgariser tout en évitant de trahir leurs fondements.
Le dossier ne se pose pas non plus en « faiseur de leçons », mais plutôt en tant que guide, d'accompagnement à la réflexion des équipes enseignantes sur des pratiques nouvelles, techniques et pédagogiques.
Enfin, le dossier poursuit le but de dépasser les paramètres de choix du professionnel dans l'exercice de son métier, **non dictés par des automatismes techniques mais par des analyses raisonnées**.

Les notions développées dans ce dossier sont parfois polémiques ; toutefois, elles ne peuvent pas se nourrir d'a priori, de discours arrêtés, d'envolés passionnelles, …. ; Elles nécessitent au contraire que vous, lecteurs, puissiez accorder du temps à une lecture exhaustive de son contenu, pour en juger de sa pertinence, ou non, et des possibles transferts dans vos pratiques d'enseignement.
Car voilà là un aspect fondamental et implicite que le dossier entend soulever : **INNOVER, y compris dans les pratiques pédagogiques des enseignements professionnels.**

# INTRODUCTION

Tout en étant rejeté de tout temps et par les intellectuels et par les artistes d'ailleurs (l'art culinaire se basant sur des sensations dites primitives, l'olfactive et le gustatif), il est amusant de constater combien aujourd'hui la cuisine devient **le nouveau terrain de jeu** pour nombre de professionnels et de scientifiques. Entendons-nous bien : le terme « jeu » n'est pas employé ici dans un sens péjoratif ; la cuisine comme la pâtisserie, d'apparence vierge de toute véritable innovation (depuis Auguste Escoffier, emprisonnant nombre de ses disciples et contemporains de la cuisine dans une logique stricte de reproduction), devient **un véritable champ d'investigations et d'expérimentations.**
Il est légitime de s'interroger d'ailleurs sur l'éclairage donné à la cuisine et à l'alimentation dans son ensemble, à une époque de suspicion à l'égard des produits alimentaires et des risques encourus dans un excès de sa consommation.
Elevé au pinacle de toutes les discussions mondaines, tout ce qui entoure la nourriture intéresse, au point de considérer le domaine culinaire comme moyen de réhabiliter aux yeux du public des disciplines qui au contact de la matière première, trouvent une nouvelle parure ...
De nouvelles disciplines voient alors le jour : « la cuisine moléculaire » et « le design culinaire » particulièrement.

Prenons l'exemple de la « cuisine moléculaire », dans un premier temps (avec son chef de file Hervé This), car il est particulièrement significatif du profond renouveau qu'il impulse dans l'esprit du cuisinier, mais du profond malaise qu'il entretient au sein d'une profession, prisonnière d'une grande « tradition » …

Il revendique dans un récent ouvrage, « Construisons un repas »[1], paru aux éditions Odile Jacob, l'exactitude du terme « gastronomie moléculaire » pour désigner cette activité scientifique centrée sur la cuisine :
« *la gastronomie (…) n'est pas la cuisine pour riches, comme on croit souvent, mais « un discours raisonné » qui se rapporte à l'alimentation. Ce discours peut être historique (l'étude des façons de manger au cours du temps …), géographique (l'étude des variations régionales des plats …), juridique (la réglementation sur les appellations …), littéraire, artistique … ou scientifique. Quand la gastronomie est scientifique, elle peut être chimique, physique , biologique, … Pour désigner l'exploration physico- chimique des transformations culinaires, il a semblé judicieux de qualifier la gastronomie de « moléculaire ». Et c'est ainsi qu'en 1999 l'activité qui avait été nommée de « gastronomie moléculaire et physique » a été rebaptisée plus simplement « gastronomie moléculaire* ».

Ses expérimentations, ses découvertes, ses problématiques sont sans nul doute génératrices de progrès dans les enseignements professionnels, et son regard méthodologique sur les gestuels professionnels participe d'une prise de recul pédagogique et nécessaire. Son œil averti, sa philosophie de l'éternel insatisfait *(« la seule chose que je sais, c'est que je ne sais jamais (...) poser pour principe que toute notion est fausse tant que nous n'avons pas démontré le contraire »)* pousse le professionnel et le pédagogue dans ses retranchements, au risque parfois de les couper de l'essence même de cette démarche : **celle de nous faire tous « évoluer ».**
Mais, sachons d'emblée faire la distinction entre la cuisine d'influence scientifique (modèle d'aujourd'hui), et ce qu'est la gastronomie moléculaire, c'est-à-dire un espace de recherches et d'expérimentations dans le domaine culinaire, sorte de **laboratoire d'essais sur le matériau culinaire et dans un processus purement scientifique**.

Les ateliers de cuisine moléculaire intégrés dans des établissements de formation hôtelière, de l'enseignement supérieur voire universitaire, le dispositif mis en place dans les Ecoles primaires sous le nom de « La main à la pâte » participent de la réhabilitation des Sciences dans notre Société, mais n'a d'autres finalités que la démarche en elle-même, cette démarche expérimentale qui pousse la curiosité de l'élève ou de l'étudiant à comprendre, en construisant des scénarios d'expériences et en les expérimentant. En matière de pédagogie, le progrès est conséquent : placer l'élève au cœur d'un système de réflexion, d'actions, de prise de décision et d'analyse. Il convient de noter d'ailleurs combien cette démarche est reprise hors de France ...
Certes, il serait présomptueux de réduire ces ateliers seulement à leur dimension expérimentale, et négliger pour cela **toutes les avancées technologiques et pratiques** qu'elles ont générées : pour exemple, la remise en question de la

[1] « Construisons un repas », de Hervé This et Marie-Odile Monchicourt, Editions Odile Jacob, Février 2007

classification des types de cuisson, l'analyse méthodique des phénomènes physico-chimiques, la recherche des couples temps – température adaptés à chaque produit suivant son poids, sa forme, son origine, le degré de maturité ...

Tout l'enjeu donné à cette introduction est de ne pas faire de confusions hâtives, et de croire que pour occuper des fonctions de pâtissier, de boulanger, de cuisinier …., il faut être désormais un scientifique : chimiste, physicien, …

A la question : « Ferran Adrià est-il un scientifique ? », Hervé This répond : « Certainement pas ! Les cuisiniers sont des techniciens (parfois des artistes), même quand ils font, comme Ferran, usage des résultats de la gastronomie moléculaire, la discipline qui étudie les transformations culinaires. La cuisine produit des mets, et la science des connaissances. En cuisine, au mieux, on fera du transfert technologique. Au laboratoire, on met en œuvre la méthode expérimentale »[2].

Dans son ouvrage « De la science aux fourneaux »[3], il poursuit :
« (…) la cuisine n'est pas de la chimie, elle n'est pas de la physique. La cuisine est une technique, une pratique, qui produit des mets. La chimie, elle, est une science qui produit – exclusivement- des connaissances ». Il en arrive à cette conclusion : « **la cuisine est une pratique, qui met en œuvre des phénomènes, lesquels sont étudiés par la gastronomie moléculaire, qui est une branche particulière de la physico-chimie** (…) ».

## ALORS, QUEL CHALLENGE RELEVER POUR DEMAIN ?

Les métiers de l'alimentation comme ceux de la restauration se caractérisent par une très grande irrégularité de vente, tenant à leurs rapports étroits aux activités saisonnières, au climat, aux fêtes et évènementiels, …

Face à ce challenge, pouvoir offrir un ensemble de prestations correspondant à la demande, par définition cyclique, et considérant l'extrême difficulté de gérer les équipes de production par « à-coup », alternant des phases intensives et des phases réduites de travail, de nouvelles modalités d'organisation du travail ont vu le jour, notamment celle de « fabrication différée dans le temps ». Ce concept de production dissocie dans le temps la fabrication de la vente, par des techniques de conservation.
Il présente l'avantage de rationaliser le travail, en lissant la fabrication sur l'ensemble de l'activité, gommant au passage l'ensemble des « pics » de production. Il permet en outre d'optimiser le travail et de gagner en productivité, en regroupant les activités proches ou présentant des similitudes (les pâtes, les crèmes et appareils, les montages et finitions, …).

Dans l'activité du pâtissier, du boulanger, comme dans celui du boucher – charcutier traiteur, ou encore du poissonnier écailler traiteur, la fabrication différée dans le temps est une réalité, mais elle requiert de la part de ces professionnels de nouvelles compétences, dont une maîtrise totale du cycle de vie des matières premières comme des fabrications (pour garantir le maintien de leurs qualités organoleptiques quel que soit le temps de conservation), et ce quelle que soit le type d'entreprise visé … de la petite structure familiale artisanale aux équipes de production industrielle, aux grandes brigades hiérarchisées, …

Si les usages ont souvent cherché à opposer dans l'imagerie populaire, l'artisan à l'industriel, il faut aujourd'hui admettre que la frontière entre les fabrications qualifiées d'« industrielles » et celles d' « artisanales » n'est pas très grande, et que le devenir de chaque professionnel dépendra de son degré d'ouverture et de ses capacités d'intégration de nouveaux produits, de nouveaux process de fabrication, …venant tant du monde artisanal que du monde industriel.
Dans ce jeu de transfert de technologie, les industriels usent depuis longtemps de leur puissance : leurs connaissances des matières premières, leurs laboratoires de recherche et d'analyse (microbiologique, sensorielle, …), leurs matériels et équipements … pour venir concurrencer les artisans sur le terrain de la qualité.
Les artisans peuvent trouver dans certains process, certaines matières premières, certains matériels … du monde industriel, les moyens d'être des concurrents redoutables, sans pour autant renoncer à l'aspect traditionnel du métier.

Il n'est pas inutile au terme de cette introduction, de relever l'étymologie et la définition des termes « artisan » et « artisanal ».

---

[2] Hors série Sciences & vie, « Manger » - article de Philippe Testard – Vaillant, n°238 – Mars 2007
[3] « De la science aux fourneaux », Hervé This – Editons Belin *Pour la science*, mai 2007 (page 13)

Sur le site du Centre national de ressources textuelles et lexicales[4], la première définition du terme artisan date de 1546 dans le texte de François Rabelais « Artizans de tous mestiers » :
*artizan « celui qui exerce un art manuel »*
Le terme « artisanal » est par ailleurs décrit comme s'opposant quelquefois à « *mécanisé, automatique, automatisé* ».
Sur wikipedia[5], il est précisé : *« L'artisanat est une technique de production artisanale, c'est-à-dire une production manuelle ou de petite envergure. Par extension, elle inclut les personnes qui produisent selon ces critères.*
*L'artisan est une personne qui fait un travail manuel, qui exerce une technique traditionnelle à son propre compte aidée souvent de sa famille et d'apprentis qu'il forme (…) ».*

Pris au sens littéral, l'artisan serait donc le professionnel qui exerce une activité souvent à caractère traditionnel, manuelle ou avec des moyens rudimentaires.
Face à l'industriel, et dans une conjoncture telle que nous la vivons aujourd'hui, comment cet artisan peut-il résister à cette concurrence déloyale puisque ne reposant pas sur « des armes égales » ???

Une nouvelle acception du terme « artisan » est donnée sur le site Wikipedia :
*« L'artisan peut aussi être une personne à laquelle le droit donne, indépendamment des techniques utilisées, le statut d'artisan (ex.: un garagiste peut être un artisan; un boulanger qui utilise des machines électriques pour pétrir et façonner la pâte est un artisan) ».*

Alors, quelles limites donner au terme « artisan » : celui qui exerce un métier uniquement manuel ? manuel et mécanique ? standardisé sans l'être pour ne pas être industriel ? s'interdisant l'usage de produits, de techniques, de process jugés « industriels » ???

L'enjeu est sans doute de donner à l'artisan et au professionnel d'aujourd'hui et de demain les moyens de pouvoir rester concurrentiel.
Cela passe sans nul doute par la maîtrise perpétuelle des bases de la profession, mais nourries des nouvelles connaissances scientifiques et technologiques, et le développement de nouvelles aptitudes à s'adapter, à créer, somme toute à **innover**.

A l'artisan de relever ce challenge …aux enseignants aussi !

**Le cuisinier, le boucher charcutier – traiteur, le boulanger pâtissier, le poissonnier – écailler traiteur, …sans être des métiers « hermétiques », nécessitent des compétences professionnelles – technique, sans doute aussi le goût du plaisir des sens, l'envie de partager des émotions, de l'amour ... et cette capacité d'assimilation de nouveautés (tant technique que technologique) et d'ouverture d'esprit, passage obligé vers le chemin de l'innovation. N'oublions pas l'opportunité que la Chimie, la Physique, les Arts peuvent apporter aux pratiques culinaires : procurer du sens et donner de l'intelligibilité.**
Toute notre réflexion sera par contre de mesurer comment dans notre enseignement, transmettre cette rigueur (qui va de pair avec les Métiers de Bouche d'ailleurs), cette démarche, et quels savoirs peuvent être ainsi privilégiés pour tenir compte du niveau de l'élève et de ses besoins dans une pratique raisonnée de son métier.

Mais il faut bien se rendre compte que les questions du sens et de l'intelligibilité ne peuvent se limiter aux seules disciplines qui relèvent de la physique, de la chimie ou encore du domaine des arts : Hervé This souligne dans la conclusion de son ouvrage « De la science aux fourneaux »[6] ce que l'histoire, la sociologie, la psychanalyse, …peuvent apporter « à ce grand édifice de la connaissance de ce monde merveilleux qu'est la cuisine ».

---

[4] Lien : http://www.cnrtl.fr/etymologie/artisan : « ARTISAN, ANE, subst. et adj. 1546 *artizan* « celui qui exerce un art manuel » (RABELAIS, *Tiers liv.* ch. I ds GDF. *Compl.* : **Artizans** de tous mestiers) (…) » et « ARTISANAL, ALE, AUX, adj. Attesté ds Rob., Lar. encyclop., Quillet 1965, Dub., Lar. Lang. fr. S'oppose qqf. à *mécanisé, automatique, automatisé* ».
[5] Lien : http://fr.wikipedia.org/wiki/Accueil
[6] *« De la science aux fourneaux », Hervé This – Editions Belin Pour la science, mai 2007, page 153*

# *Invitation*

**Nous invitons les lecteurs à compléter leur lecture par des modules d'auto-formation (formation ouverte et à distance FOAD), portant sur les démarches expérimentales qui soutiennent cette proposition de Traité scientifique (approche théorique et appliquée aux métiers de la Restauration et de l'Alimentation).**

**Dispositif sur l'Internet :**

## Pairform@nce et Moodle

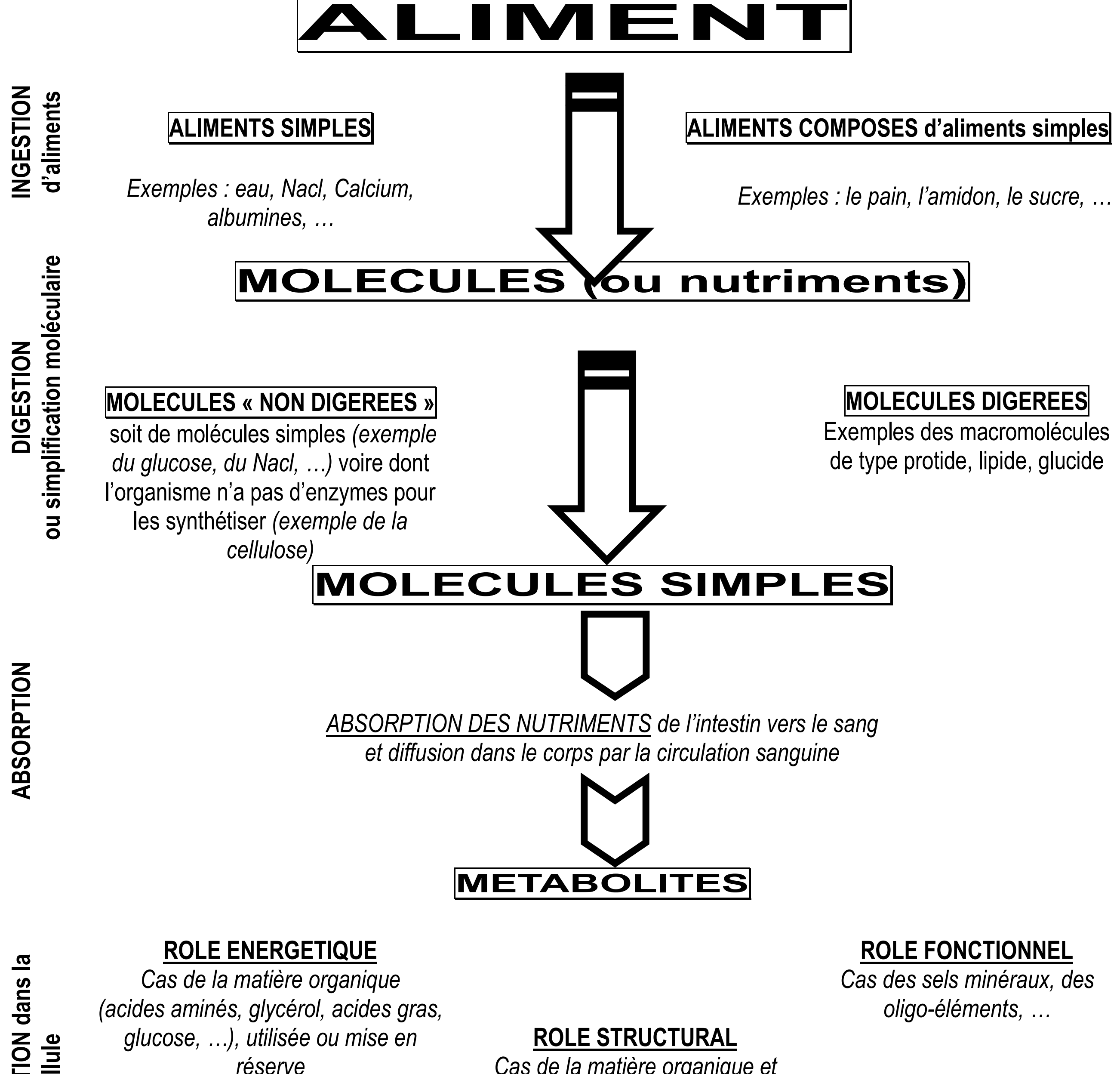
**Accès à la page de présentation des modules sur le**
**Centre de ressources nationales de l'Hôtellerie et de la Restauration**
**CRN HR**

Accès à la page de présentation sur le CRN HR :
http://www.hotellerie-restauration.ac-versailles.fr/spip.php?article885&var_recherche=Pairform%40nce

Accès à Moodle :
http://plates-formes.iufm.fr/toulouse/moodle/login/index.php
Identifiant : dherrero
Mot de passe : patisserie

# 1 TRAITÉ « *scientifique* »: étude des constituants de la matière vivante et de leurs interactions :

L'homme est hétérotrophe (il dépend de l'apport de substances organiques), qui échange de la matière et de l'énergie avec son environnement via son alimentation.
Schématiquement, l'homme consomme des aliments, et il tire de cette alimentation les éléments nécessaires pour lui assurer sa subsistance (notamment des principaux constituants de la matière vivante : eau, protide, lipide, glucide), et les éléments indispensables au bon fonctionnement de tout organisme végétal et animal (sels minéraux, fibres, vitamines).



Les molécules ou nutriments présentent des vitesses d'absorption qui leur sont propres dans l'organisme : c'est pourquoi les termes de « rapide » ou de « lent » ont été utilisés pour désigner ces différences de vitesse d'absorption.

- les « glucides rapides » comme le saccharose pour symboliser les molécules rapidement digérées par l'organisme (lesquelles augmentent fortement et rapidement la teneur en glucose dans le sang) ; les « glucides lents » comme l'amidon, pour symboliser les molécules lentement synthétisés par l'organisme.

Aujourd'hui, des études scientifiques ont prouvé que ce vocabulaire pouvait de même s'appliquer aux protéines : ainsi, les recherches menées par Bernard Beaufrère et ses collègues au Centre de recherche en nutrition humaine de Clermont-Ferrand et rapportées par Hervé This[7], ont conclu à l'existence de protéines « rapides » et de protéines « lentes ».
En matière de nutrition, ces différences sont capitales et déterminent le niveau de synthèse par l'organisme et incidemment leur bonne utilisation métabolique.

De même, les vitesses d'absorption des matières grasses présentent des différences tenant à leur état : soit pur, soit complexe (par exemple, cas de la dispersion de la matière grasse dans de l'eau qui est l'exemple type de la sauce mayonnaise).

Le dossier se propose dans une première partie d'explorer chacun des principaux constituants de la matière vivante :

- tout d'abord l'eau, élément incontournable et essentiel ;
- ensuite les éléments dits énergétiques : lipides, protides et glucides ;
- enfin les éléments dits non énergétiques : sels minéraux, fibres et vitamines.

et de recenser de manière structurée leurs propriétés et caractéristiques, et les phénomènes physico-chimiques dont ils sont responsables.

[7] *« De la science aux fourneaux », Hervé This – Editons Belin Pour la science, mai 2007, pages 40 et 41*

## 1.1 ***Etude de l'EAU : MISE A JOUR 25 AVRIL 2008***

### 1.1.1 Présentation générale :

L'eau est la substance majoritairement présente dans la matière vivante. Elle est composée d'une molécule de dioxygène $O_2$ et de deux molécules de dihydrogène $H_2$ (Formule chimique : $H_2O$).
A l'état pur, c'est un corps transparent et incolore, ne contenant pas par définition d'organismes pathogènes ni de substances toxiques (plomb, pesticides, …).
L'eau joue un rôle de texture dans les denrées alimentaires et les fabrications, et est un substrat des principales réactions biochimiques et microbiologiques.
Une des particularités de l'eau réside dans la liaison de ses molécules entre – elles : si tous les liquides se différencient par leur tension superficielle, c'est-à-dire par leur aptitude à former une pellicule tendue par la présence de forces intermoléculaires, l'eau présente la caractéristique d'avoir une haute tension superficielle par la structure de ses molécules fortement liées entre elles.
L'eau a un double rôle dans l'organisme :

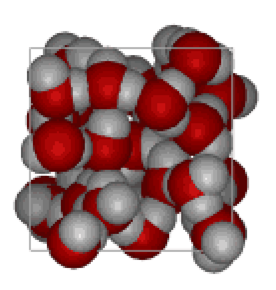
- un rôle de constitution (structure des cellules)
- et un rôle fonctionnel (transport des nutriments et déchets, régulateur du pH interne)

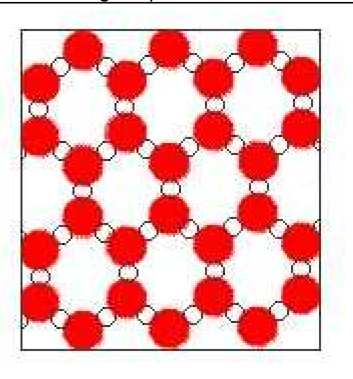
*NB : à noter la teneur moyenne en eau du corps humain (65 à 70%), de la méduse (95 à 97%).*

Dans la nature, l'eau se présente sous trois états : liquide – solide – gaz. Les molécules d'eau peuvent être plus ou moins espacées et plus ou moins agitées selon les états considérés.

| | |
|---|---|
| ***ETAT SOLIDE*** | Structure ordonnée, molécules liées les unes aux autres, sans possibilité pour elles de s'agiter sur place ni de se déplacer.<br>Forme de l'eau cristallisée (glace, iceberg, …) |

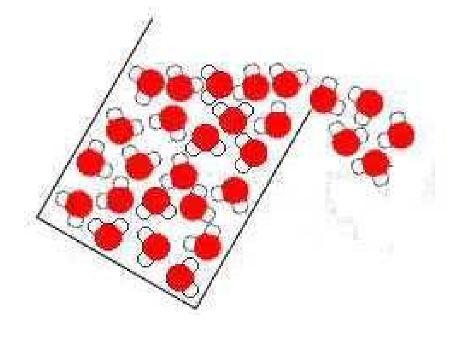
Représentation schématique[8]





| | |
|---|---|
| ***ETAT LIQUIDE*** | Structure condensée et désordonnée, molécules mobiles les unes par rapport aux autres : les molécules peuvent se déplacer les unes sur les autres.<br>Forme de l'eau la plus représentative sur Terre, salée à très forte majorité |

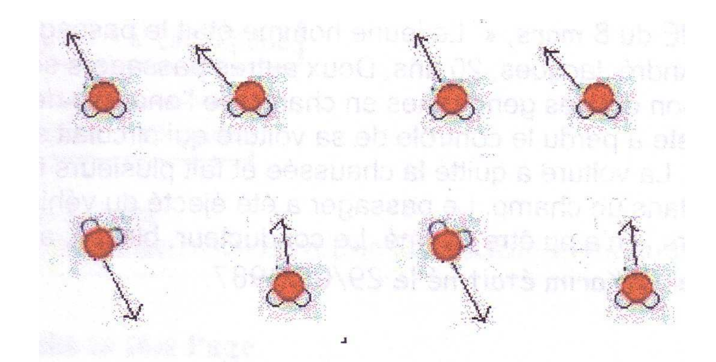
Représentation schématique



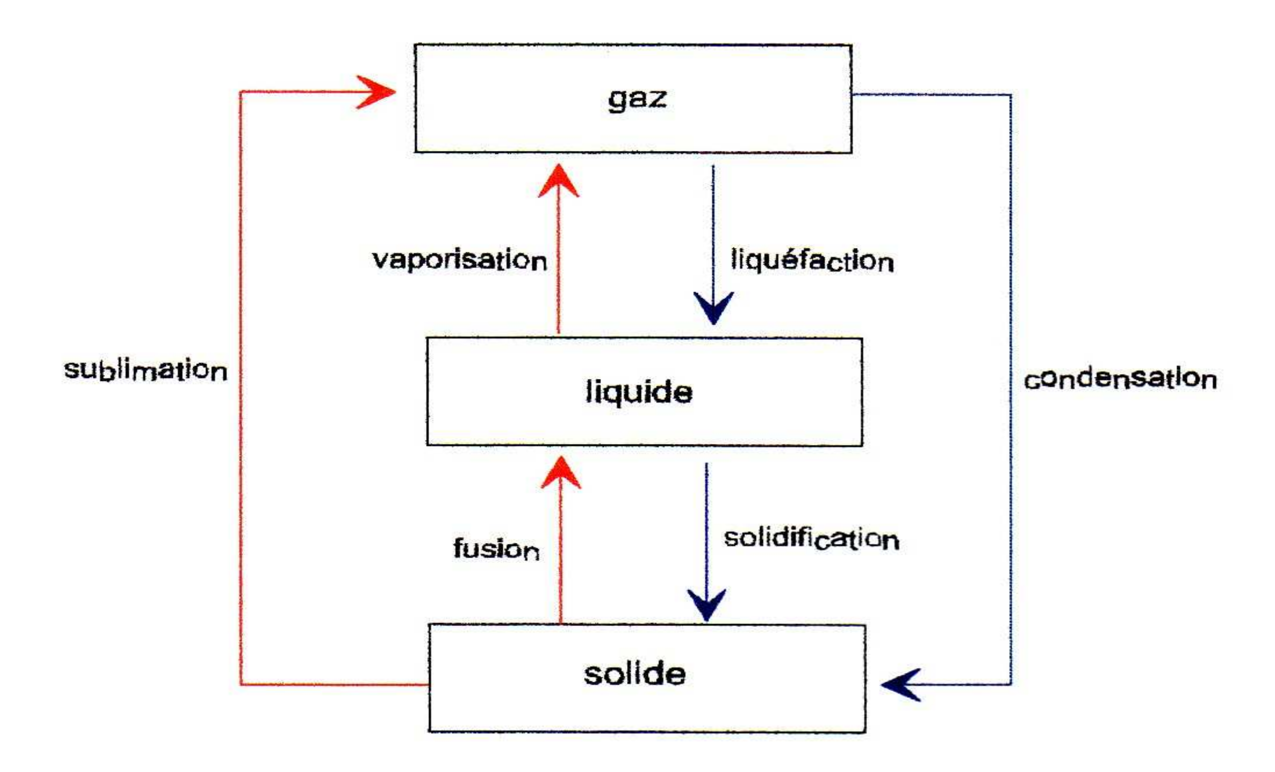
[8] *Représentations schématiques extraits du dossier « Les changements d'état de l'eau et leurs applications en cuisine », de Nicolas Barelli (Pâtisserie) – Xavier Fagès (Cuisine) – Vivian Grosset (Biotechnologies) & Cynthia Tallon (Physique – Chimie), module Art et Culture IUFM de Midi-Pyrénées 2003 – 2004, sous la direction de Denis Herrero*

| | |
|---|---|
| ***ETAT GAZEUX*** | Structure désordonnée, molécules très mobiles et très espacées les unes par rapport aux autres, caractérisée par une agitation dans tous les sens et dans toutes les directions des molécules d'eau (ce qui explique qu'un gaz occupe l'ensemble du volume du récipient qu'il contient.<br>Forme de l'eau transitoire à l'état liquide, correspondant à une évaporation de l'eau souvent consécutive à une élévation de la température |

Représentation schématique



Les **changements d'état** de l'eau correspondent à des changements de la disposition des molécules entre-elles, mais la structure des molécules (en nature et en quantité) restent inchangées (la molécule d'eau de l'état solide est la même que la molécule d'eau de l'état liquide qui est la même que la molécule d'eau de l'état gazeux).




Dans les matières premières à présent, l'eau se retrouve dans des environnements variés, les molécules étant plus ou moins associées à des molécules voisines, mais une simplification utile et courante consiste à distinguer deux formes : **une forme libre** et **une forme liée**.

Exemple : dans le cas de la viande et des produits carnés, l'eau intrinsèque représente 75 à 78% du muscle. A 90%, elle se trouve sous forme libre dans les espaces inter et intracellulaires ; le reste de l'eau est liée, et notamment aux protéines, assurant ainsi leur stabilisation.

En terme de conservation, la teneur en eau libre détermine notamment la stabilité et la durée de conservation des denrées

alimentaires, sachant l'aptitude des micro-organismes d'altération d'utiliser cette eau pour activer les phénomènes de dégradation. L'unité de mesure de la disponibilité de l'eau en tant que solvant ou réactif d'une denrée alimentaire est l'activité de l'eau (aw, ou activity of water). Par convention, l'aw de l'eau pure est égale à 1.
*L'aw est développé dans la partie 1.6.3 du dossier.*

## 1.1.2 Les réactions de l'eau à la température ou l'étude des changements d'état de l'eau :

*A noter la possibilité d'observer quelques changements d'état de l'eau à l'aide d'une cocotte minute, sur laquelle on place un tuyau en caoutchouc dont une extrémité se raccorde à la soupape de sécurité, et dont l'autre extrémité est placée au dessus d'un verre (entre les deux extrémités le corps du tuyau est enroulé et placé dans un bain rafraichissant) : principe de la distillation.*

### 1.1.2.1 Les réactions exothermiques :

#### 1.1.2.1.1 La liquéfaction :

| | | | |
|---|---|---|---|
| *de l'ETAT GAZEUX ..* | **LIQUEFACTION** | *… à l'ETAT LIQUIDE* | Formation d'humidité à la surface des préparations stockées au froid, … |

Les facteurs agissant sur la liquéfaction sont :
- la température (plus exactement la variation de température entre deux milieux)
- et l'humidité de l'air (humidité relative ou HR, représentant le % de vapeur d'eau contenu dans l'air, mesuré à l'aide d'un hygromètre)

En situation pratique : les professionnels visent la recherche du **point de rosée**, ou température minimale de conservation des produits permettant d'éviter leur liquéfaction lors d'un transfert dans d'autres conditions de température, d'état… afin de réduire toute trace d'humidité à la surface de produits, cause possible de multiplication microbienne ou autres (blanchiment des produits chocolatés, …).

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| Descente en température rapide de la crème pâtissière après cuisson avant de procéder à sa conservation en enceinte réfrigérée positive (+3°C)<br>Conservation des œufs coquille<br>Conservation de confiseries de chocolat |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

#### 1.1.2.1.2 La solidification :

| | | | |
|---|---|---|---|
| *de l'ETAT LIQUIDE…* | **SOLIDIFICATION** | *… à l'ETAT SOLIDE* | Phase de congélation – surgélation<br>L'opération de turbinage - glaçage (glaces, sorbets, préparations glacées …), … |

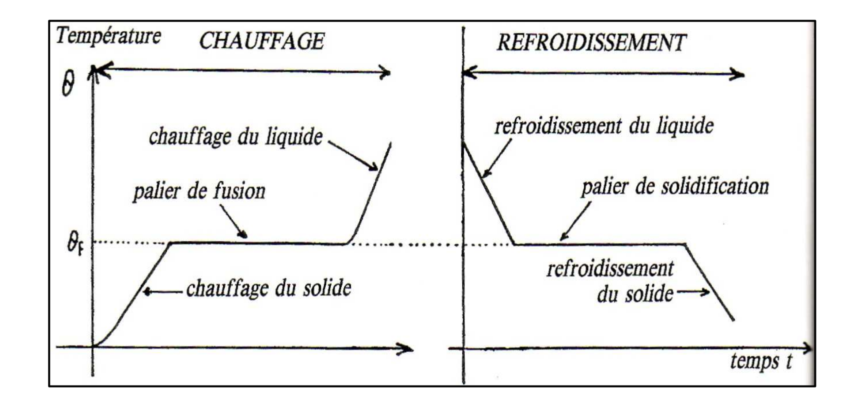
*NB : A noter que lors de la solidification, l'eau se dilate (augmentation de volume) avant de se contracter (minimum de densité à 4°C).*
*Utilisation d'un matériel de laboratoire (le cryoscope) pour mesurer l'abaissement d u point de congélation d'une solution*

**La cristallisation** correspond à la propriété de l'eau de former des cristaux par refroidissement.
La taille et la configuration des cristaux dépendent principalement de la durée et de la puissance du refroidissement :

- en phase de refroidissement lente (congélation), les cristaux ont tendance à grossir exagérément, et à présenter des facettes saillantes. L'eau a alors tendance à se dilater.
- en phase de refroidissement rapide (surgélation), l'eau cristallise sous forme de petits cristaux homogènes, ce qui limite la déstabilisation interne de la structure du produit

Le sucre comme le sel peuvent jouer le rôle « **d'anti-cristallisant** » pour l'eau : par leur propriété hygroscopique, et en fonction de la quantité présente de substances dissoutes, l'eau peut ne pas cristalliser sous l'action du froid (le sucre et le sel abaissent le point de cristallisation de l'eau) – cf le point 1.1.2.3.

A noter un point commun entre la fusion et la cristallisation :
A pression constante, la température de fusion est égale à celle de solidification. A cette température, il existe un équilibre entre le solide et le liquide qui coexistent alors.




| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| Prinicipe de réalisation des glaces, sorbets et préparations glacées (granités, …..)<br>Principe de surgélation appliqué à toutes les préparations devant être conservées au froid négatif (surgélation à -40°C, et conservation à -18 / -20°C) de mousse, bavaroise, …. |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

### 1.1.2.1.3 La condensation :

| | | | |
|---|---|---|---|
| *de l'ETAT GAZEUX ..* | **CONDENSATION** | *… à l'ETAT SOLIDE* | Phénomène de rosée et de brouillard consécutif à la sursaturation de l'air ambiant en vapeur d'eau et à une chute de température, cristaux de glace |

*NB : En situation pratique, il est fréquent d'utiliser le terme « condensation » pour désigner la formation d'humidité à la surface de produits, suite au passage de l'eau de l'état gazeux à l'état liquide. Or, il s'agit d'une liquéfaction. La formation de givre sur les produits correspond au phénomène de condensation.*

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| Règle de bonnes pratiques : limiter les ouvertures fréquentes des enceintes réfrigérées négatives pour réduire la formation de givre par la condensation sur les pièces en conservation. |

| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

### 1.1.2.2 Les réactions endothermiques :

#### 1.1.2.2.1 La fusion :

*de l' ETAT SOLIDE …* **FUSION** *… à l'ETAT LIQUIDE* Phase de décongélation

La fusion correspond au changement d'état d'un corps (de l'état solide à l'état liquide), valable pour l'eau, les lipides

*NB : A noter le phénomène de **surfusion** s'opérant à des températures inférieures à 0°C, correspondant au fait que l'eau avant que les premiers cristaux de glace n'apparaissent, demeure liquide même à des températures négatives. Soudain, elle prend en masse. Ce phénomène explique les risques de prolifération microbienne même à des températures négatives, proches de 0°C.*

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| Principe de décongélation de tout produit (bases telles purée de fruits,… mais aussi fabrications : entremets (base de mousse, bavaroise…), bonbons chocolat, ….) au froid positif.<br>Pour limiter les risques, le phénomène de fusion doit être aussi rapide que possible (exemple de fusion rapide : décongélation sous l'action de la chaleur ou en enceinte de micro ondes des purées de fruits surgelés, cuisson directe au four des viennoiseries pré-poussées surgelées …) ou avoir lieu dans des conditions de température réglementaire (à +3°C, pour certaines préparations sur grille pour éviter de mettre en contact les produits et l'exsudat d'eau de décongélation). |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

#### 1.1.2.2.2 La vaporisation :

*de l'ETAT LIQUIDE …* **VAPORISATION** *… à l'ETAT GAZEUX* Phase d'ébullition d'un liquide, vaporisation de l'eau

A noter que le terme **évaporation** correspond aussi au changement d'état de l'eau de liquide à gazeux s'opérant à l'air libre.

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| Le phénomène de vaporisation explique le principe de développement en cuisson de la pâte feuilletée, de la pâte à choux, ….<br>Le dessèchement de la pâte à choux sur le feu conduit à une vaporisation d'une partie de l'eau de constitution de la panade, indispensalbe avant l'incorporation des œufs.<br>La vaporisation permet de concentrer certaines fabrications (principe des jus réduits, ….) et dans certains cas, de procéder à la caramélisation du saccharose (principe de réalisation de sauce caramel, confiseries de sucre : caramels, …). |

| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

##### 1.1.2.2.3 La sublimation :

*de l'ETAT SOLIDE…* **SUBLIMATION** *… à l'ETAT GAZEUX*

Lyophilisation : produits laitiers, œufs, café, thé, champignons, fruits et jus de fruits…

Exemple : la lyophilisation (ou autrefois nommé cryodessiccation) : procédé de conservation permettant la déshydratation sous vide et à basse température d'un produit préalablement congelé.
Le procédé de conservation se déroule en trois étapes :

- une phase de surgélation à -40°C,
- un broyage puis dessiccation primaire (par sublimation de l'eau) en plaçant le produit à une température brusque élevée et à pression réduite,
- une dessiccation secondaire (par évaporation des traces résiduelles d'eau).

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

#### 1.1.2.3 Les facteurs variables des changements d'état de l'EAU :

| **Paramètres de variation des températures lors de la VAPORISATION** | |
|---|---|
| 1- **Saturation en sel** d'une solution d'eau | Augmentation de la température d'ébullition de l'eau (106°C), et par voie de conséquence de la vaporisation de l'eau présente dans la solution |
| 2- **Saturation en sucre** d'une solution d'eau | Augmentation de la température d'ébullition de la solution (195°C) |

*Exemple[9] :*

| °Brix d'une solution | Elévation ébullioscopique en °C |
|---|---|
| 10 | 0,15 |
| 15 | 0,25 |
| 20 | 0,40 |
| 30 | 0,70 |
| 40 | 1,20 |
| 50 | 2 |
| 60 | 3 |
| 70 | 5 |

| | |
|---|---|
| 3- **Augmentation de la pression** | Augmentation de la température d'ébullition de l'eau |

[9] Fiche Précis technologique – Sucres et saccharose, Plateforme de travail collaboratif Pâtisserie – www.extrasucre.org

*Application : incidence de la pression sur la température d'ébullition*

| Pression (mbar) | Altitude (m) | T° d'ébullition (°C) |
|---|---|---|
| 1,5 à 2 fois la pression atmosphérique normale (cas de la cocotte minute) | | 110 – 120°C |
| 1015 | 0 | 100 |
| 700 | 2100 | 90 |
| 480 | 6000 | 80 |
| *P=23,4 mbar à T° ambiante 20°C Cas de la technique du sous-vide* | | *Vaporisation dans la masse (ce qui explique l'importance de conditionner sous vide des produits préalablement réfrigérés)* |

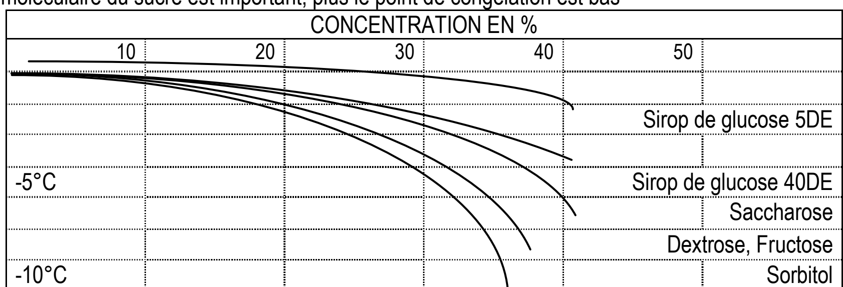
| Paramètres de variation des températures lors de la SOLIDIFICATION | |
|---|---|
| 1- **Nature et quantité de substances dissoutes** (sucre, sel, …) dans une solution | Abaissement du point de congélation |

*Exemple : Cas du saccharose*

| %Brix d'une solution | Abaissement du point de congélation en °C |
|---|---|
| 10 | 0,61 |
| 15 | 1,01 |
| 20 | 1,50 |
| 30 | 2,6 |
| 40 | 4,5 |

*Autre exemple : Cas des autres sucres* - Influence directe des sucres en solution (de leur pouvoir d'hygroscopicité, c'est-à-dire de leur capacité de rétention d'au ET de leur poids moléculaire) sur le point de congélation :

- plus le sucre est hygroscopique, plus le point de congélation est bas
- plus le poids moléculaire du sucre est important, plus le point de congélation est bas




*NB : La loi de Raoult précise : « dans une solution suffisamment concentrée en un composé dissout, la température de congélation est abaissée d'une quantité proportionnelle à la concentration en composé dissout et à la masse moléculaire de ce composé ».*

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| Principe de réalisation des glaces, sorbets, préparations glacées, …. *La texture crémeuse du nougat glacé en conservation négative s'explique par sa teneur en sucres importante, qui abaisse le point de congélation de la fabrication et évite sa prise en masse par cristallisation. Une quantité trop importante de sucre dans un granité réduit la cristallisation de l'eau de constitution (et la formation de paillettes caractéristiques) : l'ensemble forme une masse molle, épaisse, visqueuse …* |

| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
|---|
| |

| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
|---|
| |

### 1.1.3 Les réactions de l'eau aux principaux constituants de la matière vivante :

Les réactions des principaux constituants de la matière vivante au contact de l'eau sont étudiées dans le dossier, dans chaque partie traitant des différents constituants : les lipides, les protides, les glucides.

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
| --- |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

### 1.1.4 Les réactions de l'eau au contact d'un alcool :

**A intégrer : les apports technologiques et scientifiques**

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
| --- |
| Le punch (sirop + alcool), sirop de trempage (babas, savarin…) , intérieur liqueur, sabayon… |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

# 1.2 **Etude des LIPIDES :**

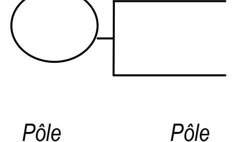
## 1.2.1 **Présentation générale :**

Les lipides les plus courants dans l'alimentation sont des molécules de triglycérides. Ces molécules sont formées par l'assemblage d'une molécule de glycérol, et de trois acides gras.
Ils se trouvent majoritairement dans les matières d'origine animale, voire dans certains végétaux : plantes oléagineuses (tournesol, arachide, …).
Ils présentent tous la particularité d'être insoluble dans l'eau mais soluble dans les solvants organiques (type éther, acétone, hexane, benzène, …).

Les lipides ont un double rôle dans l'organisme :
- un **rôle nutritionnel**, par l'apport d'énergie (37,7 kJ/g), d'acides gras essentiels (ils sont dits essentiels car non synthétisables par l'organisme : l'acide linoléique (ou oméga 6) et $\alpha$-linolénique (ou oméga 3) qui sont des acides gras polyinsaturés) de vitamines liposolubles (A, D, E, K), et d'antioxydants ;
- **un rôle de constitution** (de la membrane cellulaire ou de certaines hormones).
- **et un rôle fonctionnel (**exemple : la testostérone).

Dans l'alimentation, ils jouent également :
- **un rôle organoleptique** par la contribution à la texture et à la sapidité des aliments (support d'arôme, précurseurs de molécules aromatiques) ;
- **un rôle technologique** en tant que fluide caloporteur (notamment dans le cas des fritures) ou comme agent de traitement des surfaces.

Les produits alimentaires contiennent deux groupes importants de lipides :

| **Les molécules lipidiques monomères : les acides gras** | **Les molécules lipidiques composées, dont :** |
|---|---|
| - les acides gras avec simple liaison – acides gras saturés,<br>- les acides gras avec une double liaison – acides gras mono-insaturés,<br>- les acides gras avec plusieurs doubles liaisons – acides gras poly-insaturés | o **les glycérides**<br>majoritairement les **triglycérides**[10], formés d'une molécule d'alcool (glycérol) avec 3 fonctions alcool et de molécules d'acides gras<br>*Exemple :*<br>*80% de la masse de beurre de cacao composé par 3 triglycérides : POP Palmitique – Oléique – Palmitique, POS Palmitique – Oléique – Stéarique et SOS Stéarique – Oléique – Stéarique*<br><br>o **les phospholipides**<br>molécule lipidique comprenant du phosphore (dont la lécithine, agent émulsifiant par nature), à la propriété caractéristique tensioactive<br>*Représentation schématique d'un phospholipide*<br><br>*Pôle hydrophile* *Pôle hydrophobe* |

De leur composition en acides gras dépendent en grande partie **les propriétés des triglycérides** :

10 Majoritairement à 98-99%, restent des mono-glycérides et des acides gras dits libres (non liés).

*D 'après « introduction à la biochimie et à la technologie des aliments », tome 1, de Jean-Claude Cheftel et Henri Cheftel, Techniques et Documentation, septembre 1992*

| *MATIERE GRASSE VEGETALE* | Chaînes courtes saturées | Chaînes longues saturées | | | Chaînes longues insaturées | | | T° solidification en °C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 12 :0 laurique | 14 :0 myristique | 16 :0 palmitique | 18 :0 stéarique | 18 :1 oléique | 18 :2 linoléique dit **omega 6** | 18 :3 α-linolénique dit **omega 3** | |
| HUILE POUR ASSAISONNEMENT | | | | | | | | |
| SOJA | - | - | 11 | 3 | 25 | 55 | 6 à 9 | -10 à -16°C |
| COLZA | | | 3 | 1 | 15 | 15 | 9 | -10°C |
| | | | | | | | | |
| NOIX | 9 | | | | 17 | 69 | | |
| HUILE POUR FRITURE ET ASSAISONNEMENT | | | | | | | | |
| TOURNESOL | - | - | 6 | 5 | 20 | 65 | 1 | -17°C |
| MAIS | - | - | 13 | 2 | 30 | 55 | 1,5 | -10 à -20°C |
| PEPINS de raisins | 12 | | | 15 | 68 | | | |
| ARACHIDE | - | - | 10 | 3 | 60 | 22 | | +3°C |
| OLIVE VIERGE | | | 10 à 17 | | 50 à 80 | 10 | | +6°C (trouble à +2°C) |
| HUILE POUR FRITURE | | | | | | | | |
| PALME | 1 | 3 | 43 | 5 | 39 | 10 | - | +35 à +42°C |
| PALMISTE | 50 | 15 | 8 | 3 | 15 | 3 | - | +20 à +25°C |
| COPRAH | 44 | 18 | 10 | 4 | 6 | 2 | - | +14 à +22°C |
| | | | | | | | | |
| BEURRE DE CACAO | | | 24 | 35 | 39 | 2 | | +22°C |

| *MATIERE GRASSE ANIMALE ET/OU VEGETALE* | Chaînes courtes saturées | | | Chaînes longues saturées | | | Chaînes longues insaturées | | | T° solidification en °C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | >8 | 10 :0 | 12 :0 laurique | 14 :0 myristique | 16 :0 palmitique | 18 :0 stéarique | 18 :1 oléique | 18 :2 linoléique dit **Omega 6** | 18 :3 linolénique dit **Omega 3** | |
| AUTRES … | | | | | | | | | | |
| SAINDOUX | | | | 1 | 25 | 19 | 40 | 5 | | +27 à +29°C |
| GRAISSE D'OIE | 27 | | | | | | 57 | 11 | | |
| BEURRE | | | 3 | 10 | 25 | 10 | 20 | 3 | 2 | +20 à +23°C |
| MARG. TOURNESOL | 7 | | | | | | 68 | 18 | | |
| CREME FRAICHE | 63 | | | | | | 28 | 2 | | |
| JAUNE D'ŒUF CRU | 29 | | | | | | 39 | 13 | | |
| FRUITS SECS | | | | | | | | | | |
| Noisettes | 60 | | | | | | | | | |
| Noix | 55 | | | | | | | | | |
| Noix de coco sèche | 55 | | | | | | | | | |
| Amandes | 54 | | | | | | | | | |
| Arachides | 46 | | | | | | | | | |
| Noix de coco fraîche | 35 | | | | | | | | | |
| POUDRE DE CACAO | 22 à 24 | | | | | | | | | |

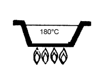
Ainsi, **dans le cas des huiles**, leur texture (fluide ou concrète) mais aussi leur classification (en lien avec leur réglementation) est directement liée à **la nature de leurs résidus en acides gras** :

| FAMILLE | CARACTERISTIQUES | EXEMPLES |
|---|---|---|
| **HUILE FLUIDE** | - Forte composition en résidus d'acides gras insaturés<br>- Point de fusion bas<br>- Matière fluide à température ambiante<br>- Indispensable à l'organisme (acides gras essentiels) | Huile de soja<br>Huile de colza<br>Huile de noix<br>../.. |
| **HUILE CONCRETE** | - Forte composition en acides gras saturés<br>- Point de fusion haut<br>- Matière solide à température ambiante | Huile de palme<br>Huile de palmiste<br>Huile de coprah ../.. |

| **DECRET DU 12 FEVRIER 1973**<br>**Désignation des huiles sous les appellations réglementaires suivantes** | |
|---|---|
| *HUILE VIERGE DE …* | **Traitement par pression à froid et filtration éventuelle**, sans aucun traitement chimique. (huile d'olive, de noix, etc…)<br>HUILE NON RAFFINEE. |
| *HUILE DE …* | **Traitement à partir d'une seule graine ou d'un seul fruit**, comprenant une étape de raffinage.( huile de tournesol, etc…) |
| *HUILE VEGETALE DE …* | **Mélange d'huiles raffinées**, avec indication des proportions de chaque composant sous forme de graphique (ex : huile de tournesol, d'arachide, de pépins de raisin, etc…) |

+ **Mention oligatoire de l'utilisation de l'huile :** sous forme écrite (Huile pour friture, Huile pour friture et assaisonnement, Huile pour assaisonnement), sous forme de pictogrammes






avec indication selon le cas de la température à ne pas dépasser.

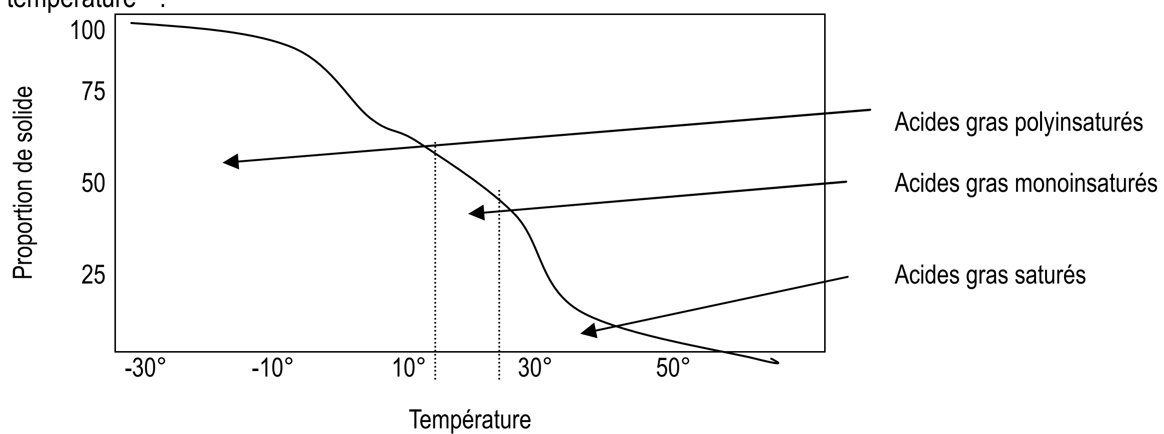
| **CLASSIFICATION DES HUILES** | **RICHE EN ACIDE GRAS SATURES** | **RICHE EN ACIDE GRAS MONOINSATURES** | **RICHE EN ACIDES GRAS POLYINSATURES** |
|---|---|---|---|
| | *Exemple : Acide arachidonique, butyrique* | *Exemple : acide oléique* | *Exemple : Acide linoléique, acide linolénique* |
| **HUILE POUR FRITURE** | COPRAH<br>PALME<br>PALMISTE | | |
| **HUILE POUR FRITURE ET ASSAISONNEMENT** | | ARACHIDE<br>OLIVE | TOURNESOL<br>MAIS<br>PEPINS DE RAISIN |
| **HUILE POUR ASSAISONNEMENT** | | | SOJA<br>COLZA<br>NOIX |

NB : **Toutes les huiles présentant une teneur en acide gras essentiel de type ACIDE ALPHA-LINOLENIQUE > 2% sont automatiquement classées selon la législation en : HUILE POUR ASSAISONNEMENT** [11]

| | | | |
|---|---|---|---|
| **APPLICATIONS EN PATISSERIE** | **AGENT DE FRITURE**<br>Applications : Pets de none, beignets divers, … | **AGENT GRAISSANT**<br>Applications : Moules à gaufre, poêle à crêpes, …<br><br>**AGENT DE TEXTURE** de certaines pâtes<br>Applications : pâte à pastis, pâte à pizza, … | **AGENT FLUIDIFIANT & BRILLANT** dans l'utilisation de corps gras avec une t° de fusion négative (comme le tournesol et maïs)<br>Applications : Glaçage chocolat pour stockage froid, … |

[11] Acide alpha-linolénique ou acide oméga 3, reconnu avec l'acide oméga 6 (acide linoléique) comme agent de prévention des maladies cardio-vasculaires (L'Hôtellerie, supplément magazine, 5 Février 2004, « Les huiles de friture et notre santé »).

**Dans le cas du beurre**, la nature et la quantité de ses acides gras ont une incidence directe sur sa réaction à la température[12] :




La particularité en terme de composition du beurre lui confère une texture propre :

- solide à température basse (t° de solidification : 20 – 24°C)
- molle, plastique à température ambiante (29 – 32°C) – cet état intermédiaire correspond à une suspension des triglycérides à point de fusion haut sous forme de cristaux solides dans les triglycérides liquides,
- liquide à température supérieure à 34°C

A noter la présence limitée de lipides sous forme de triglycérides dans la farine, ne jouant pas de rôle déterminant mais pouvant contribuer à modifier les propriétés fonctionnelles du gluten permettant ainsi à donner la régularité aux structures alvéolaires.

| *Exemple*[13] | Farine T45 | Farine T55 | Farine T65 | Remoulages | Germe | Blé broyé |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Taux de matière grasse | 1,2 – 1,4 | 1,4 – 1,7 | 1,8 – 2,0 | 3 - 5 | 10 - 15 | 2,2 – 2,8 |

## 1.2.2 Les réactions des lipides :

### 1.2.2.1 Au contact de l'eau : l'insolubilité

Quelques aspects fondamentaux[14]: toute surface liquide forme une pellicule tendue par la présence de forces intermoléculaires ; on parle de **tension superficielle**.
L'eau a une haute tension superficielle de par la structure de ses molécules fortement liées entre elles, ce qui conduit l'eau et la matière grasse à se repousser (par les tensions superficielles s'exerçant entre leurs molécules), conduisant à une séparation des deux liquides en deux phases : une phase aqueuse et une phase grasse : les lipides sont par conséquent insolubles à l'eau.
**L'insolubilité** est la propriété d'un corps de ne pas pouvoir être dissous dans un autre corps.
La phase grasse surnage à la surface de l'eau (la densité des acides gras est plus faible que celle de l'eau : sa densité relative à l'eau est égale à 0,9, donc inférieure à 1).
*Exemples : Exemple : lait cru après un temps de repos (avec la formation d'une couche de crème de lait à sa surface), principe de fabrication de beurre clarifié (avec la matière grasse surnageant au dessus du « petit lait »), ..., en cuisine : la vinaigrette après un temps de repos, ...*
*NB : La densité est le rapport de la masse d'un certain volume d'un corps à celle du même volume d'eau, d'air ou de gaz. Par convention, la densité de l'eau égale à 1.*

---

[12] Fiche Précis technologique – Beurre et margarine, Plateforme de travail collaboratif Pâtisserie – www.extrasucre.org
[13] « Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits », Volume 2 (Technologie des produits alimentaires), de Romain Jeantet / Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006 – page 151
[14] D'après « Biochimie des aliments – Diététique du sujet bien portant », Marlène Frénot & Elisabeth Vierling, Sciences des aliments, série dirigée par Guy Leyral

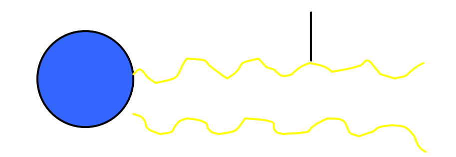
| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
| --- |
| Crème fouettée, pâtissière après temps de repos |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

#### *1.2.2.2* Au contact de l'eau et en présence d'agents tensio-actifs : l'émulsion

Pour mélanger une phase aqueuse à une phase grasse, il faut ajouter un agent émulsifiant, jouant le rôle de tensio-actifs. La particularité de certaines protéines ou de phospholipides (**les tensioactifs**) est d'abaisser la tension superficielle des liquides en s'adsorbant aux interfaces huile – eau ou gaz – eau, pour mettre en contact leurs parties hydrophiles à la phase aqueuse, et leurs parties hydrophobes vers la phase non aqueuse.

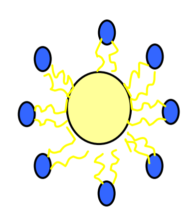
*NB : Agents tensioactifs = Agents émulsifiants = Agents émulsionnants*

**Schématisation d'une molécule tensio-active de type phospholipide**



Pôle hydrophile, soluble dans l'eau (Tête polaire)

Pôle lipophile ou hydrophobe, soluble dans les composés lipidiques



Positionnement des émulsifiants dans une émulsion stabilisée à la surface des gouttelettes de matière grasse

Une **émulsion** correspond à une dispersion de gouttelettes de matière grasse dans un liquide, ou inversement de gouttelettes d'eau dans la matière grasse, dispersion maintenue pour empêcher leur coalescence (correspondant au regroupement et à la fusion des gouttelettes de matières grasses entre elles) et la déstabilisation de l'émulsion.

Une émulsion d'eau dans huile correspond à une dispersion de gouttelettes d'eau dans une phase grasse.

Une émulsion d'huile dans eau correspond à une dispersion de gouttelettes de matière grasse dans une phase aqueuse

Il est fréquent que la phase continue dans une émulsion soit de fraction volumique plus importante (cas de l'eau dans le lait ou de la crème – émulsion de type H/E) ; dans le cas contraire, on parle « d'émulsion concentrée »[15] : exemple de la ganache ou de la mayonnaise, qui constituent des émulsions de type H/E, l'eau en quantité faible constituant la phase continue du mélange.

Une émulsion peut se présenter sous différents états ; fluide, crémeux, gélifié.

*Exemples :*
*Le battage prolongé de la crème conduit à la rupture de l'émulsion : les gouttelettes de matière grasse fusionnent, se regroupent (coalescence des gouttelettes) et la crème se sépare en deux phases : une phase grasse (beurre), une phase*

[15] « Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits », Volume 1 (Stabilisation biologique et physico-chimique), de Romain Jeantet / Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006 – page 305

*aqueuse (eau, protéines solubles, …). La rupture de l'émulsion est désirée dans le cas de la fabrication du beurre, accidentelle dans la technique de la crème fouettée.*
*Autre exemple :*
*La crème ganache est une émulsion de type matière grasse dans eau (H / E), stabilisée par les émulsifiants présents dans le chocolat (la lécithine) et dans la crème (les protéines). Plusieurs causes de rupture d'émulsion (dissociation entre la phase solide et la phase liquide) peuvent avoir lieu en pratique :*

- *soit un manque de phase aqueuse (déséquilibre du rapport matière grasse / eau) : ajouter dans ce cas, un liquide (lait, crème, jus de fruits, …) ;*
- *soit une mauvaise dispersion de la matière grasse dans l'eau : mixer dans ce cas pour homogénéiser ;*
- *soit un travail en ambiance trop chaude : mixer et faire prendre au froid.*

*Nouvelles applications (Hervé This) :*
*Utiliser le principe des sauces émulsionnées chaudes (type beurre blanc) pour l'appliquer à une pâtisserie et réaliser une sauce chocolat. Principe : Dans 20 cl de Rivesaltes, faire fondre 225 g de chocolat de couverture à 58%.. Verser dans la cuve d'un batteur, refroidir. Monter, foisonner pour obtenir une mousse de chocolat (émulsion mousseuse).*
*Réaliser une sauce émulsionnée à partir de jaune d'œuf cru dans lequel on ajoute en fouettant et progressivement du beurre fondu (Hervé This a baptisé cette sauce « Kientzheim », de l'alsacien kind (l'enfant) et heim (le foyer).*

Un exemple de produits émulsifiants : Gamme des Texturas mis au point par Albert et Ferran Adrià (sources : http://www.texturaselbulli.com/FRA/)

- **LECITE** : émulsifiant naturel à base de lécithine (de soja, non-transgénique), se présentant sous forme de poudre, soluble à froid
- **SUCRO** : émulsifiant provenant d'une réaction du saccharose et d'acides gras (sucroester), hydrophile (à dissoudre dans l'élément aqueux avant de procéder au mélange avec la matière grasse)
- **GLICE :** émulsifiant dérivé des graisses (obtenu à partir de la glycérine et des acides gras), lipophile (à dissoudre dans l'élément gras avant de procéder au mélange avec la solution aqueuse).

Les facteurs de stabilité d'une émulsion sont :

| | |
|---|---|
| **Niveau du ph** | A pH neutre : solubilité limitée des protéines, ce qui réduit les possibilités d'émulsion<br>A pH acide : diminution de la répulsion électrostatique entre les extrémités polaires des lécithines |
| **Niveau de la température** | Diminution de la stabilité des émulsions par coagulation des protéines (Exemple du beurre clarifié).<br>Stabilisation des émulsions par gélification des protéines (Applications en Charcuterie) |
| **Concentration protéique** | Nécessité d'un % minimum de protéines pour stabiliser l'émulsion (en règle générale, de 0,5 à 5%) |
| **Action mécanique** | En industrie, utilisation d'un homogénéisateur à hautes pressions dans le cas du lait pour disperser de manière homogène les particules de matière grasse dans l'eau<br>*Illustration du rôle de l'homogénéisateur à hautes pressions : passage du lait à travers une série de petits orifices sous haute pression, permettant une diminution par 5 de la taille de ses globules gras ; processus appliqué au lait avant traitements thermiques).* |

**Nature des agents émulsifiants**

**Classification suivant la nature de l'agent émulsifiant** :

| *NATURE* | **TYPE** | ***EXEMPLES[16]*** |
|---|---|---|
| *MATIERES GRASSES* | PHOSPHOLIPIDES | *LECITHINE E322, majoritairement extraite de l'huile de soja (teneur 2 à 3%).*<br>*Exemples d'utilisation : produits de boulangerie, chocolaterie, margarinerie, …* |
| | PHOSPHOLIPIDES *dans les cellules animales et végétales [17]* | *Végétaux (famille des liliacées) de type ail, oignon, échalote* |
| | GLYCERIDES<br>*Principale catégorie d'agents émulsifiants à usage alimentaire* | *MONOGLYCERIDES E471*<br>*et dérivés des monoglycérides E472*<br>*Exemples d'utilisation : cytoglycéride (en margarinerie, pour améliorer les propriétés de cuisson et réduire les projections lors des fritures), Acétoglycérides (stabilisation des mousses), dérivés du polyoxyde d'éthylène (dans les crèmes glacées et crèmes fouettées).* |
| *ESTERS* | *ESTERS de polyols, du saccharose, de l'acide lactique, …* | *SUCROESTERS (E473) et sucroglycérides (E474)*<br>*Exemples d'utilisation : crèmes glacées, produits de cuisson, margarinerie, …*<br>*ESTERS du sorbitol (E491-5) commercialisés sous le nom de « SPAN »*<br>*Exemple d'utilisation : stabilisation des cristaux de beurre de cacao dans le chocolat* |
| *PROTEINES* | Combinaison des molécules de caséine entre-elles par du phosphate de calcium, formant une structure tensioactive. | *CASEINE dans le lait* |
| *AMIDONS* | AMIDONS TRANSFORMES | *Cas de certains amidons modifiés présentant des fonctions tensioactives* |

**Nature des agents émulsifiants suivant la nature de l'émulsion :**

| | |
|---|---|
| *EMULSION H/E* | Lécithine (soja, jaune d'œuf), protéines *(Gomme, mucilage, dextrine, amidon, pectine)* |
| *EMULSION E/H* | Cholestérol, lécithine du soja |

*Applications :*

| PRODUITS | PHASE GRASSE | EMULSIFIANT | TYPE |
|---|---|---|---|
| Lait / crème | MG du lait | Protéines du lait | Emulsion H / E |
| Beurre | MG du lait | Protéines du lait | Emulsion E / H |
| Margarine | MG animale et/ou végétale | Lécithine<br>Mono et diglycéride d'acides gras | Emulsion E / H |
| Ganache | MG de la crème<br>Beurre de cacao<br>MG du beurre | Protéines de la crème<br>Lécithine de soja du chocolat | Emulsion H / E |
| Glace aux oeufs | MG lait + oeuf | Lécithine du jaune<br>Protéines du lait | Emulsion + Mousse |
| Crème glacée | MG lait + crème | Mono et diglycérides d'AG<br>Protéines lait et crème | Emulsion + Mousse |
| Mayonnaise | Huile tournesol /colza | Lécithine (jaune d'œuf, moutarde selon le cas) | Emulsion H / E |
| Aïoli | Huile d'olive | Molécules tensioactives de l'ail | Emulsion H / E |

[16] « Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits », Volume 1 (Stabilisation biologique et physico-chimique), de Romain Jeantet / Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006 – page 333

[17] « Casseroles & éprouvettes », Hervé This, Editions Belin – Pour la science, « Dérivés d'aïoli » page 200

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| - Appareils crèmés (cake…)<br>- Pâte sucrée, sablée,<br>- Crème d'amandes, citron<br>- Crème au beurre<br>- Chocolat |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

### 1.2.2.3 Au contact de l'air : l'oxydation

L'oxydation correspond au phénomène de dégradation résultante de l'action de l'air sur des composés fragilisés par leur configuration moléculaire ou les traitements subis, et susceptible de fixer l'oxygène de l'air avant de se dégrader

Exemples :

- dans le cas des matières grasses végétales fluides : l'huile d'olive est moins sensible à l'auto-oxydation (par sa teneur à plus de 70% en acide oléique, mono-insaturé) que les autres huiles fluides composées d'acides gras polyinsaturés (comme le tournesol par exemple), fragilisés par leur double liaison, et pouvant s'oxyder rapidement au contact de l'air. Dans le cas spécifique de l'huile d'olive, il est prouvé que cette huile renferme des agents anti-oxydants qui ajoutent à son intérêt nutritionnel (dont plusieurs types de phénols, dont l'hydroxytyrosol et deux « lignanes »[18]
- dans le cas des matières grasses animales : le β-carotène (acide gras naturellement présent dans le beurre, lui conférant sa couleur jaune naturelle), en s'oxydant, change de couleur et prend une teinte orangée).

L'oxydation a pour effet de diminuer la valeur nutritionnelle du produit (diminution de la teneur en acides gras polyinsaturés ou de vitamines antioxydantes), ainsi que sa valeur organoleptique (dont un dégagement de composés volatils à odeur de rance).

En outre, il convient de noter que les réactions d'oxydation des lipides conduisent à la formation de substances qui sont mis en cause dans le processus de vieillissement dégénératif de l'organisme ou dans des pathologies graves (cancer, maladies cardiovasculaires, diabète, …)[19]. Hervé This spécifie le rôle de ces molécules engendrées par les réactions d'oxydation, lesquelles se lient à l'ADN de cellules humaines et présentent le risque de favoriser des cancers[20].

*Applications :*
*- Rancissement des matières grasses à la suite d'une conservation prolongée, correspondant à l'action de l'air sur les acides gras polyinsaturés, notamment le β-carotène (acide gras naturellement présent dans le beurre, lui conférant sa couleur jaune naturelle) qui provoque le changement caractéristique de sa couleur originelle,*
*- Oxydation des produits composés de matières grasses, non protégés hermétiquement,*
*- Oxydation des bains de friture à usages répétés …*

*NB :*
*A noter l'oxydation désirée dans le cas de l'affinage de certains fromages par exemple.*
*A noter aussi que les vitesses d'oxydation sont fonction des conditions du milieu, notamment la teneur en oxygène, le pH, la température, la teneur en eau du produit (notamment pour des valeurs d'aw inférieures à 0,2 ou entre 0,4 et 0,7[21]) et la présence ou non d'agents antioxydants.*

---

18 « De la science aux fourneaux », Hervé This – Editons Belin *Pour la science*, mai 2007, page 39
19 « Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits », Volume 1 (Stabilisation biologique et physico-chimique), de Romain Jeantet / Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006 – page 117
20 « De la science aux fourneaux », Hervé This – Editons Belin *Pour la science*, mai 2007, page 39
21 « Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits », Volume 1 (Stabilisation biologique et physico-chimique), de Romain Jeantet / Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006 – page 111

Enfin, il faut préciser la découverte de chercheurs en Angleterre rapportée par Hervé This ; des expériences scientifiques ont montré l'incidence de l'oxydation des matières grasses dans le goût désagréable de « réchauffé », donnant aux produits conservés au froid et remis en température des odeurs de carton, d'huile de lin, de caoutchouc / soufré, ou encore de rance, et particulièrement pour les fabrications cuites à basse température.

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| Crème citron, pâtissière, ganache… non filmées<br>Fruits secs oléagineux (Amandes, noisette…)<br>Viennoiseries |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

#### 1.2.2.4 Au contact de molécules odorantes : l'enfleurage

Les matières grasses ont la propriété de dissoudre les molécules odorantes ; on dit souvent qu'elles piègent les parfums.
Cette propriété est utilisée par les fabricants de parfums, dans la technique de l'enfleurage. L'enfleurage est le procédé d'extraction des molécules odorantes par leur solubilisation dans les matières grasses[22].

*Application : procédé de fabrication des parfums à partir de l'extraction des composés aromatiques des fleurs par contact avec une matière grasse.*
*Autre application : prendre la précaution de fermer hermétiquement tous produits contenant des matières grasses au cours de leur conservation, et d'éviter leur stockage dans un environnement très odorant.*

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| Ganache au thé, macarons à la violette, bavaroise café par enfleurage (grains de café+lait froid) |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| Omelette au truffes |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

#### 1.2.2.5 Au contact de la température :

Les propriétés thermiques (déterminant notamment les points de fusion et de cristallisation) des lipides dépendent de la longueur de la chaîne et de l'insaturation des acides gras, ainsi que de la nature des triglycérides.
*NB : il est courant de différencier au sein des matières grasses :*

- ***les huiles*** *(matière grasse liquide à température ambiante) : huiles végétales (tournesol, colza, olive, arachide, …), huiles de poisson*
- ***des graisses*** *(matière grasse solide à température ambiante) : graisse d'oie, de porc (saindoux), de bœuf (suif), … ou encore certaines graisses d'origine végétale dites concrètes (comme le coprah, palme, palmiste) désignées à tort comme « huile ».*

[22] « Casseroles & éprouvettes », Hervé This, Editions Belin – Pour la science, « Eloge de la graisse » page 196

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| Pâtes feuilletée, friable, levée, levée feuilletée |
| **APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur** |
| |
| **APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur** |
| |

### *1.2.2.5.1 La cristallisation :*

**La cristallisation** est la propriété des acides gras de former des cristaux par refroidissement.
*NB : le terme s'applique de même pour l'eau et les glucides (sucre et amidon).*
Plus exactement, la particularité de la cristallisation des lipides tient à leur propriété polymorphique (aptitude des lipides de se lier en différentes configurations) et à la taille de ses cristaux déterminant directement les propriétés de fusion et rhéologiques des matières grasses.
En situation pratique, la cristallisation peut être désirée ou accidentelle (dépendant fortement de : la maîtrise des techniques, de la température, de l'humidité dans l'air).
Comme pour les sucres, le procédé de cristallisation s'opère en deux temps :

- une première étape de nucléation (consistant en la formation de germes cristallins)
- une deuxième étape de croissance des cristaux.

- Dans le cas des huiles (fluides et concrètes) : les huiles présentent des plages de cristallisation variables suivant leur composition en acides gras, et leur répartition en acides gras saturés et acides gras insaturés, dont les acides gras linolénique et alpha-linolénique :

*D 'après « introduction à la biochimie et à la technologie des aliments », tome 1, de Jean-Claude Cheftel et Henri Cheftel, Techniques et Documentation, septembre 1992*

| *MATIERE GRASSE VEGETALE* | Chaînes courtes saturées | Chaînes longues saturées | | | Chaînes longues insaturées | | | T° solidification en °C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 12 :0 laurique | 14 :0 myristique | 16 :0 palmitique | 18 :0 stéarique | 18 :1 oléique | 18 :2 linoléique dit **omega 6** | 18 :3 α-linolénique dit **omega 3** | |
| HUILE POUR ASSAISONNEMENT | | | | | | | | |
| SOJA | - | - | 11 | 3 | 25 | 55 | 6 à 9 | -10 à -16°C |
| COLZA | | | 3 | 1 | 15 | 15 | 9 | -10°C |
| | | | | | | | | |
| NOIX | | 9 | | | 17 | 69 | | |
| HUILE POUR FRITURE ET ASSAISONNEMENT | | | | | | | | |
| TOURNESOL | - | - | 6 | 5 | 20 | 65 | 1 | -17°C |
| MAIS | - | - | 13 | 2 | 30 | 55 | 1,5 | -10 à -20°C |
| PEPINS de raisins | 12 | | | 15 | 68 | | | |
| ARACHIDE | - | - | 10 | 3 | 60 | 22 | | +3°C |
| OLIVE VIERGE | | | 10 à 17 | | 50 à 80 | 10 | | +6°C (trouble à +2°C) |
| HUILE POUR FRITURE | | | | | | | | |
| PALME | 1 | 3 | 43 | 5 | 39 | 10 | - | +35 à +42°C |
| PALMISTE | 50 | 15 | 8 | 3 | 15 | 3 | - | +20 à +25°C |
| COPRAH | 44 | 18 | 10 | 4 | 6 | 2 | - | +14 à +22°C |

Applications : Dans la fabrication des appareils pour glaçage (chocolat, …), des huiles végétales fluides à forte teneur en acides gras polyinsaturés sont utilisées, en raison de leur aptitude à ne pas figer au froid ou pendant leur stockage au froid (cas de l'huile de maïs, dont la température de cristallisation au froid oscille entre -10 et -20°C.

- **Dans le cas du beurre de cacao :**

| *MATIERE GRASSE* | Chaînes courtes saturées | Chaînes longues saturées | Chaînes longues insaturées | T° solidification en °C |
|---|---|---|---|---|

| VEGETALE | 12 :0 Laurique | | | 14 :0 myristique | 16 :0 palmitique | 18 :0 stéarique | 18 :1 oléique | 18 :2 linoléique dit **omega 6** | 18 :3 α-linolénique dit **omega 3** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BEURRE DE CACAO | | | | | 24 | 35 | 39 | 2 | | +22°C |

Le beurre de cacao est composé majoritairement de triglycérides : 80% de la masse de beurre de cacao est composé par l'assemblage de 3 acides gras prépondérants (l'acide stéarique, l'acide oléique et l'acide palmitique), formant 5 triglycérides. Les proportions d'acide gras dans le beurre de cacao varient en fonction des origines des cacaos et des époques de récolte des fèves. Le niveau d'insaturation de chaque triglycéride détermine leur point de fusion, et leur point de solidification
Par conséquent, sa cristallisation ne s'opère pas en une seule température, mais dans une plage de température comprise entre 20 et 27°C (on parle de « plage de cristallisation »).

<u>A noter</u> : la stabilité des produits à base de chocolat soumis à cristallisation requiert un temps minimum de stockage au froid de 4h à +3°C pour obtenir une cristallisation homogène du beurre de cacao contenu dans le chocolat.

*<u>Applications :</u>*
<u>- Cristallisation désirée :</u> procédé de mise au point de la couverture de chocolat (l'opération de « pré-cristallisation » de la couverture de chocolat a pour but d'orienter la cristallisation du beurre de cacao vers la forme cristalline la plus stable β, laquelle limitant les défauts de brillance et de texture pouvant survenir au cours du stockage), mode de réalisation d'une ganache (de préférence utiliser un chocolat entre 35 et 40°C, t° supérieure au point de fusion du beurre de cacao 35°C).
<u>NB :</u> si le cristal β est recherché massivement en chocolaterie, pour les propriétés qu'il confère au chocolat (« casse sèche et sonore entre les doigts et résistance à l'écrasement sous la dent »), c'est le cristal β' qui est préféré pour d'autres applications type viennoiserie ou crème glacée, lequel « favorise l'aération et améliore l'onctuosité et le fondant en bouche »[23]
<u>- Cristallisation accidentelle</u> : phénomène de blanchiment gras survenant sur des bonbons chocolat par exemple après un pré cristallisation d'un chocolat de couverture mal conduite.

NB : particularité du chocolat d'être « monotropique »24, c'est-à-dire que ses cristaux de matière grasse ne se transforment que dans un sens (du plus bas point de fusion au plus haut point de fusion, ce qui explique les étapes de refroidissement et de remontée en température)

*<u>NB</u> : Frédéric Bau mentionne dans son ouvrage « Au cœur des saveurs »[25], **<u>l'intérêt de gérer la température des mélanges dans la fabrication des mousses au chocolat afin de se situer toujours au dessus de la t° de cristallisation du beurre de cacao</u>** (dans l'idéal, t° de travail entre 29 et 32°C, 29°C pour être au dessus de la t° de cristallisation du beurre de cacao, et inférieur à 34°C pour éviter la fonte de la crème fouettée et la perte de son foisonnement)*
*- <u>Autre exemple</u> : cas d'une mousse au chocolat sur base crème anglaise : « chinoiser » la crème anglaise sur la couverture hachée (t° du mélange préconisée : 45 – 55°C), émulsionner l'ensemble pour obtenir une texture lisse, brillante et élastique ; opérer un premier pré-mélange avec une partie de la crème montée mousseuse et mélanger l'ensemble (T° de mélange entre 26 et 30°C). La cristallisation peut alors s'opérer après avoir coulé aussitôt le mélange précédent dans le moule choisi.*

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| Ganache, gianduja, intérieurs praliné,<br>Crème au beurre, mousseline |
| **APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur** |
| |
| **APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur** |
| |

[23] *« <u>Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits</u> », Volume 1 (Stabilisation biologique et physico-chimique), de Romain Jeantet / Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006 – page 52*
[24] « <u>Au cœur des saveurs</u> », Frédéric Bau, Montagud Editores 2006
[25] « <u>Au cœur des saveurs</u> », Frédéric Bau, Montagud Editores 2006

### 1.2.2.5.2 La fusion :

**La fusion** correspond au changement d'état d'un corps (de l'état solide à l'état liquide), valable pour l'eau et les lipides. Ce point de fusion est variable suivant la longueur de la chaîne carbonée, du nombre de liaisons multiples, de la stéréochimie des doubles liaisons.

- **Dans le cas du beurre** : le beurre, par sa composition en triglycérides de nature différente, n'a pas de température de fusion mais une plage de fusion (correspondant à la fusion des triglycérides à des températures variables).

Cette particularité explique le passage du beurre :

- d'un état initial solide
- à un état intermédiaire mou (correspondant à une suspension des triglycérides à point de fusion haut sous forme de cristaux solides dans les triglycérides liquides),
- à un état final liquide

comme l'illustre le tableau suivant :

| Symbole | Nom usuel | Etat physique à 25°C | Tfusion |
|---|---|---|---|
| 4 : 0 | Acide butyrique | Liquide | -8°C |
| 16 : 0 | Acide palmitique | Liquide | +62°C |
| 18 : 0 | Acide stéarique | Solide | + 70°C |
| 18 : 1 Δ9 | Acide oléique | Liquide – Solide | + 10°C |
| 18 : 2 Δ9, 12 dit Omega 6 | Acide linoléique | Liquide | -5°C |

*Δ Indique la position de la double liaison sur le C (Carbone) compté à partir du groupement acide COOH.*

La plage de fusion correspond à une température ambiante moyenne de 29 à 34°C.

- **Dans le cas du beurre de cacao :**

Le beurre de cacao est composé majoritairement de triglycérides : 80% de la masse de beurre de cacao est composé par l'assemblage de 3 acides gras prépondérants (l'acide stéarique, l'acide oléique et l'acide palmitique), formant 5 triglycérides. Les proportions d'acide gras dans le beurre de cacao varient en fonction des origines des cacaos et des époques de récolte des fèves. Le niveau d'insaturation de chaque triglycéride détermine leur point de fusion, et leur point de solidification

*NB : 75% des triglycérides ont une température de fusion entre 20 et 34°C, 50% entre 30 et 34°C*

Par conséquent, le beurre de cacao ne possède pas une seule et unique température de fusion, mais une plage de température de fusion.

Plage de fusion du beurre de cacao : 30 – 35°C

*Application :*
*Les mauvaises conditions de conservation, et dans certains cas le non respect des étapes de pré cristallisation (avec la formation de cristaux non stables dans la masse de chocolat) confèrent au chocolat, notamment le défaut de « blanchiment gras ». Il correspond à l'apparition de traces blanchâtres à la surface du chocolat (migration de certains constituants, notamment des composés de beurre de cacao, venant cristalliser en surface et prenant une couleur blanche caractéristique), consécutif à un travail du chocolat à des températures plus élevées que celles préconisées, et/ou une conservation à température élevée et en atmosphère humide.*

Il convient de noter que la fusion d'un des triglycérides composant le beurre de cacao démarre à partir de 16°C, ce qui limite la conservation des produits chocolatés (décors en chocolat, bonbons de chocolat, …) dans des environnements à des températures de **15°C maximum**.

- **<u>Dans le cas des huiles fluides :</u>** les huiles présentent des plages de fusion restreintes tenant à leur composition en acides gras, et notamment en acides gras polyinsaturés dont les acides gras linolénique et alpha-linolénique :

*D 'après « introduction à la biochimie et à la technologie des aliments », tome 1, de Jean-Claude Cheftel et Henri Cheftel, Techniques et Documentation, septembre 1992*

| *MATIERE GRASSE VEGETALE* | Chaînes courtes saturées | Chaînes longues saturées | | | Chaînes longues insaturées | | | T° solidification en °C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 12 :0 laurique | 14 :0 myristique | 16 :0 palmitique | 18 :0 stéarique | 18 :1 oléique | 18 :2 linoléique dit **omega 6** | 18 :3 α-linolénique dit **omega 3** | |
| HUILE POUR ASSAISONNEMENT | | | | | | | | |
| SOJA | - | - | 11 | 3 | 25 | 55 | 6 à 9 | -10 à -16°C |
| COLZA | | | 3 | 1 | 15 | 15 | 9 | -10°C |
| HUILE POUR FRITURE ET ASSAISONNEMENT | | | | | | | | |
| TOURNESOL | - | - | 6 | 5 | 20 | 65 | 1 | -17°C |
| MAIS | - | - | 13 | 2 | 30 | 55 | 1,5 | -10 à -20°C |
| ARACHIDE | - | - | 10 | 3 | 60 | 22 | | +3°C |
| OLIVE VIERGE | | | 10 à 17 | | 50 à 80 | 10 | | +6°C (trouble à +2°C) |
| BEURRE | 3 | 10 | 25 | 10 | 20 | 3 | 2 | +20 à +23°C |

Du tableau, il ressort que :

- plus une matière grasse est riche en acides gras polyinsaturés, plus sa température de fusion est basse ;
- plus une matière grasse est riche en acides gras à triple liaison (type acide α – linolénique dit omega 3), plus sa température de fusion est basse.

*NB : la plage de fusion du saindoux est de +36 à +40°C, sa température critique : 210°C.*

- **<u>Autres cas : la cuisson des viandes</u>**

Sous l'action de la température, les lipides constitutifs des viandes fondent (la température de fusion est fonction de la nature et la quantité de triglycérides en un, deux ou trois acides gras insaturés).
Pour exemple, la température de début de fonte des lipides dans une viande de porc est de l'ordre de 25 à 28°C[26].

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| Biscuits joconde, financier, pâte à savarins, babas, génoise, petits fours secs (tuiles, florentins…), intérieurs praliné. Beignets, bugnes (spécialités régionales) |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

#### 1.2.2.5.3 *<u>La pyrolyse :</u>* *MISE A JOUR 25 AVRIL 2008*

**<u>Le point de fumée d'une matière grasse</u>** correspond à la température au-delà de laquelle le corps gras se décompose, en formant des composés acres ou amers, dont certains s'avèrent dangereux pour la santé (les HAP Hydrocarbure Aromatique Polycyclique, l'acroléine).

<u>Exemples :</u>

[26] « <u>Alimentation et processus technologiques</u> », Edition Educagri, Alain Branger – Marie – Madeleine Richer – Sébastien Roustel, 2008, page 148

- la température critique du beurre se situe vers 120°C ;
- la température d'utilisation préconisée sur les étiquetages des huiles d'arachide et de tournesol (180°C), de l'huile d'olive (140°C).
-

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| Financiers, pâte levée feuilletée, fritures (oreillettes, beignets, bugnes, churros), gibassier (spécialité régionale) |
| **APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur** |
| |
| **APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur** |
| |

### 1.2.2.6 Sous l'action mécanique :

La propriété de la matière grasse d'origine animale (beurre) et/ou végétale (margarine) de plasticité permet d'élever la viscosité de certaines fabrications et de :

- **fixer et stabiliser les bulles d'air** sous l'action mécanique de battage, assurant le foisonnement et l'aération de certaines crèmes (cas des crèmes mousselines par exemple)

- **stabiliser les émulsions** (cas de la crème d'amandes par exemple)

Par extension, la quantité de matière grasse agit directement sur le volume et le gonflement de la pâte, pouvant provoquer la rupture partielle ou totale des bulles d'air et la déstabilisation de certaines pâtes en fabrication (cas de certaines pâtes à génoise riche en matière grasse nécessitant un apport en émulsifiant type émulsifiant pour Pâtes battues (HF66, PECO50, Galligen, JILK, …) ; exemple de génoise sur base de pâte d'amandes).

Le cas particulier des additifs de nature lipidique (agents émulsifiants) :
Exemples : Lécithine E322, Mono et di glycérides d'acides gras E471, voire émulsifiant pour Pâtes battues (type HF66, PECO50, Galligen, JILK, …).
L'émulsifiant agit à l'interface de l'eau et de la matière grasse, limitant les phénomènes de séparation pendant la réalisation (le grainage), et prolongeant la conservation en retardant la rétrogradation de l'amidon, préalable au rassissement des pâtes)
*Applications : Utilisation d'agents émulsifiants notamment dans le cas de pâtes riches en matière grasse (exemple des génoises sur base pâte d'amandes, des pâtes levées non fermentées type cakes), et dans le cas d'une production en série de pâte à génoise par exemple (exemple de montage de génoises à froid pour compenser l'effet de la chaleur en fabrication par une liaison plus forte entre les phases aqueuse et grasse)*
*Utiliser au dosage de 5 à 7% du poids de la farine utilisée*

L'émulsifiant agit de manière complémentaire sur :
- la formation des pâtes jaunes grâce à une meilleure hydratation, permettant une augmentation de sa viscosité et une propension de la pâte à incorporer et retenir les bulles d'air
- la texture des pâtes jaunes en raison de sa capacité à fixer et stabiliser une quantité plus importante de matière grasse, laquelle apporte plus de moelleux aux fabrications

*Applications : Cas spécifique des pâtes battues : génoises sur pâte d'amande*
*NB : dans le cas des cakes, le foisonnement est déconseillé au risque d'accélérer les phénomènes de rétrogradation de l'amidon et le rassissement des pâtes.*

*Précis sur un agent émulsifiant : la lecite (Gamme desTexturas, Ferran et Albert Adria)*

*La lecite est un émulsifiant naturel à base de lécithine (de soja, non-transgénique), et se présente sous forme de poudre, soluble à froid. Le produit est utilisé dans la réalisation de mousses « extraordinaires », qualifiées « d'air » par Ferran Adrià. Le principe est de dissoudre simplement la lecite dans la solution, et d'utiliser un mixeur maintenu à la surface de la solution (pour faciliter l'incorporation d'air), de stopper dès la formation complète de la mousse, d'attendre environ 1mn pour la stabiliser, de récupérer la mousse à la surface du liquide, et de renouveler l'opération dès que nécessaire.*
*Application : extrait de la documentation des produits Texturas*
*Air au citron : 225 g de jus de citron + 275 g d'eau + 1,5 g de Lecite.*
*Autre recette : dissoudre 25 g de Lecite dans 1 litre de solution (jus d'herbes, ….) pour obtenir une mousse volumineuse et stable.*

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
| --- |
| Crème d'amandes, mousseline,<br>Appareils crémés, petits fours secs (langue de chat, cake, cigarettes…), biscuit joconde…<br>Crème fouettée, chantilly (applications mousse, bavaroise…) |

| |
|---|
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

# 1.3 **Etude des PROTIDES :**

## 1.3.1 **Présentation générale :**

Les protéines sont des **macromolécules dites fonctionnelles**, présentant des séquences spécifiques d'acides aminés, de forme linéaire ou sphérique (sorte de pelote repliée sur elle-même), structurées dans l'espace sous la forme :

- d'une structure primaire : enchaînement linéaire d'une séquence (ordre et nature définis) d'acides aminés par liaison covalente (liaison forte) appelée **liaison peptidique** ;
- d'une structure secondaire et tertiaire correspondant à des enroulements sur elle-même de la structure primaire stabilisés par des liaisons chimiques faibles (comme les liaisons hydrogène) ce qui fragilise l'édifice.
- éventuellement d'une structure quaternaire correspondant à un assemblage symétrique de au moins deux chaînes protéiques

Les protéines tirent leurs **propriétés caractéristiques** (dont l'élasticité et la viscosité) de l'agencement des acides aminés dans l'espace et de la nature des liaisons entre-eux (forte pour la structure primaire, faible pour les structures secondaires et tertiaires).

Les protéines présentent deux principales fonctions alimentaires :

- **nutritionnelle**, par leur apport notamment en acides aminés essentiels et en peptides
- **organoleptique**, par leur contribution à la couleur des aliments, à la texture (capacité de rétention d'eau, propriétés gélifiante, moussante et émulsifiante), à la saveur (acides aminés et peptides amers et sucrés) ou encore à l'arôme (les protéines peuvent être des vecteurs de molécules aromatiques ou précurseurs d'arômes).

Les protides se différencient :

- **par leur composition**[27] :

  - **Les protéines pures (holoprotéines)**, essentiellement composé de résidus d'acides aminés (au nombre de 21 types dont 8 acides aminés essentiels) formant soit des acides aminés simples, des dipeptides (combinaison de deux acides aminés), tripeptides … voire des polypeptides, dont les **protéines** (composées de plus d'une centaine de molécules d'acides aminés)

*Exemples : protéines globulaires de type albumines, globulines ; protéines fibrillaires (actine, myosine, collagène, élastine)*
*NB : Acides aminés essentiels : lysine, tryptophane, …*

  - **Les hétéroprotéines**, composé d'acides aminés et autres composés non protéiques divers

*Exemples : la caséine du lait (association de protéine, de calcium et de phosphore) ; les lipoprotéines du jaune d'œuf (combinaison de protéines et de lipides).*

- **par leur origine** :

  - **origine ANIMALE :**

On note la présence de protéines d'origine animale dans : les cellules germinales (œufs), les muscles (viande, chair de poisson), les liquides biologiques (lait, sang) et les tissus conjonctifs (os, cartilage).
*NB : en terme d'équilibre alimentaire, il faut noter la présence d'aa indispensables dans les protéines animales, à la différence des protéines végétales, ce qui explique la nécessité de varier son alimentation notamment en consommant des protéines animales.*

1- les protéines de l'œuf :
- dans le blanc d'œuf : les protéines représentent 10,6% du blanc d'œuf, et 90% de la matière sèche (Exemple : ovalbumine

[27] « Protéines alimentaires », JC Cheftel – JL Cuq – D. Lorient, Editions Lavoisier

à près de 43% de la matière sèche, et : conalbumine, ovomucoïde, ovoglobulines, lysozyme, ovomucine.
*A noter les propriétés spécifiques, nutritionnelle ou fonctionnelle, de chaque protéine : ovalbumine (propriétés gélifiantes), ovoglobulines (propriétés moussantes), …*
- dans le jaune d'œuf : les protéines représentent 16% du jaune d'œuf, et 30% de la matière sèche (Exemple : principalement les lipovitellines, et : phosvitine, livétines, …

2- les protéines des muscles :

Les protéines de la viande représentent 20% de la masse du muscle brut, réparties ainsi :
- 50 à 55% de protéines myofibrillaires (myosine, actine)
- 30 à 35% de protéines sarcoplasmiques (enzymes, myoglobine)
- 10 à 15% de protéines du tissu conjontif (dont : **le collagène** : molécules formant un tissu fibreux[28] gainant les cellules musculaires ; **élastine** : en proportion réduite, insensible à la chaleur, propriété élastique caractéristique)

Les muscles dans le poisson représentent de 35 (merlan) à 70% (hareng, carpe) du poids du poisson, et les protéines 20% de la masse du muscle, réparties ainsi :
- 60 à 75% de protéines myofibrillaires
- 20 à 35% de protéines sarcoplasmiques
- 2 à 5% de protéines du tissu conjontif (dont le collagène, dont la teneur est fonction de la fraîcheur et de l'espèce).

3- les protéines du lait :
Les protéines du lait représentent 30 à 35% du lait (teneur variable selon l'alimentation, la saison, les cycles de lactation), sous forme :
- de micelles de **caséines** (à prés de 80% des protéines du lait – 2,4 à 2,8 g pour 100g de lait), en suspension dans la phase aqueuse du lait : la caséine est un complexe protéinique instable sous l'action acide (ferments lactiques) et/ou enzymatique.
A noter que les caséines sont majoritairement utilisées par l'industrie agroalimentaire pour leur capacité de rétention d'eau, leurs propriétés épaississantes, gélifiantes et interfaciales
- de **protéines solubles présentes dans le lactoserum** (environ 20%) dont la lactoglobuline, la lactalbumine, autres… – teneur moyenne de 0,56 g pour 100g de lait. Il s'agit de complexe protéinique instable à la chaleur (coagulation sous l'action de la chaleur à partir de 80°C)

4- les protéines du sang :
Le sang a une teneur protéique moyenne de l'ordre de 17%.

5- les protéines des tissus conjonctifs (os, cartilage) :
La gélatine est une protéine fibreuse très largement répandue dans le règne animal, obtenue par hydrolyse acide partielle d'un composé (le collagène) contenu dans la peau, le tissu conjonctif de bovins et de porcins et/ou d'os de bovins (osséine). Il s'agit d'un colloïde protéique naturel (d'origine animale) donnant en solution aqueuse, des propriétés gélifiantes et stabilisantes fonction de son type, de sa concentration, de son pH et des conditions opératoires de T° et de pression.
La gélatine n'appartient pas à la famille des additifs alimentaires[29].

- **origine VEGETALE :**

Dans les végétaux, les protéines sont présentes dans :
- **les graines de céréales :** blé, maïs, riz, orge, ..)[30], dont la teneur protéique moyenne est de l'ordre de 8 à 12%

---

28 Article « La viande de bœuf : structure et tendreté », de Bernard Louis Dumont – Pour la science, hors série
29 Selon l'AM du 2.10.97 (article 10, page 16265) source *http://www.legifrance.gouv.fr/WAspad/UnTexteDeJorf?numjo=ECOC9700107A*
30 « Chimie du petit déjeuner », Marie Terrien – Josette Fournier, Editions Culture et Techniques, Collection Formation, page 38

| | | |
|---|---|---|
| PROLAMINES<br>**GLIADINE** | Insoluble dans l'eau, soluble dans les solutions alcooliques<br>Teneur moyenne de 40 à 50% des protéines totales du blé<br>Apport de viscosité au gluten<br>1. *<u>NB</u> : Gliadine, nom particulier des prolamines dans le blé* | 80 à 85% des protéines de la farine, nommées protéines du GLUTEN, aux propriétés visqueuses et élastiques<br>Une farine, par sa capacité à former un réseau de gluten, est dite panifiable (c'est-à-dire apte à produire des pains à structure alvéolaire aérée) |
| **GLUTENINE** | Insoluble dans l'eau, solubles dans les solutions diluées d'acide ou de base<br>Teneur moyenne de 30 à 40% des protéines totales du blé<br>Apport d'élasticité, de cohérence et de résistance aux déformations au gluten | |
| ALBUMINES | Solubles dans l'eau<br>Teneur moyenne de 5 à 10% des protéines totales du blé | Utilisées en partie comme nutriment par les levures, et comme agent de la réaction de Maillard |
| GLOBULINES | Insolubles dans l'eau mais solubles dans les solutions salines diluées<br>Teneur moyenne de 5 à 10% des protéines totales du blé | |

- **<u>les graines de légumineuses</u>** (dont les protéagineux : lentille, haricot, pois, et les oléoprotéagineux : soja[31], colza, arachide, tournesol), dont la teneur protéique moyenne est de l'ordre de : pour les protéagineaux ( 20 à 25%), pour les oléoprotéagineux (20 à 40%).

mais aussi dans les racines et tubercules, ainsi que dans les feuilles.

*<u>NB :</u> Particularités des protéines type « protéine animale » : pauvreté en acides aminés soufrés / Particularités des protéines type « protéine végétale » : déficience en une variété d'acide aminé, la lysine.*

**<u>Le cas particulier des enzymes :</u>**

Les enzymes sont des <u>protéines</u> généralement hydrosolubles et thermolabiles, jouant la fonction de catalyse d'une réaction chimique de façon spécifique et très efficace, dans des conditions (t°, pH, pression) compatibles avec l'activité biologique.
Elles sont présentes naturellement dans toutes les cellules (animales, végétales, micro-organismes), ou peuvent être synthétisées industriellement par extraction à partir de micro-organismes de type : bactéries, champignons, … On distingue, dans la famille des enzymes :

| | | |
|---|---|---|
| **AMYLASE** | **Hydrolyse** des liaisons glucidiques | Action de l'α-amylase et de la β-amylase indispensable et complémentaire de celle des levures au cours de la panification<br>- dénaturation de l'α-amylase vers 75°C<br>- dénaturation de l'β-amylase vers 85°C<br>*<u>NB :</u> Forte présence d'α-amylase dans le malt, obtenue par germination de l'orge, autorisée comme agent correctif du taux d'amylase jusqu'à hauteur de 0,3% dans les farines de panification*. |
| **PROTEINASE** | **Hydrolyse** des liaisons peptidiques<br>(enzymes protéolytiques) | Enzymes protéolytiques, présentes à l'état naturel dans certains fruits (exemples : broméline dans l'ananas, ficine dans la figue, papaïne dans la papaye …) [32] |
| **PECTINASE** | **Hydrolyse** des liaisons pectiniques<br>(enzymes pectinolytiques) | Enzymes pectinolytiques pouvant être présentes dans certains fruits (exemples : tomate, orange, …).<br>Enzymes pectinolytiques présentes dans les viandes : cathépsines (activation des cathépsines entre 30 et 50°C ; dénaturation à partir de 58°C) |
| **LIPASE** | **Hydrolyse** des triglycérides<br>(enzymes lipolytiques) | Dénaturation de la lipase à 60°C |
| **LIPOXYGENASE** | Catalyse l'**oxydation** par le dioxygène des acides gras libres insaturés | *NB : Forte présence de lipoxygénase dans la farine de fève comparée à la farine de blé (20 fois plus)* [33] |

[31] Fabrication du Tofu, aliment caméléon caractéristique de l'alimentation chinoise, particulièrement riche en protéine, à base de haricots de soja (haricots de soja écrasés, mouillés pour former du lait de soja, porté à ébullition et ensemencé avec des agents de plâtre à mouler, moulé puis pressé et refroidi).
[32] Article « *Le cru et le cuit* », de Hervé This – Thuriès Magazine Gastronomie n°149, Mai 2003
[33] Op. cité, page 226

## 1.3.2 Les réactions des protéines :

### 1.3.2.1 Avant propos : la question de la dénaturation

La **dénaturation** correspond à une modification de la conformation de la macromolécule PROTEINE, sans pour autant être accompagnée de la rupture des liaisons peptidiques (c'est-à-dire des liaisons entre les acides aminés) Elle est une désorganisation plus ou moins importante de la structure interne des édifices protéiques, notamment la structure tertiaire, et réorganisation réversible (dénaturation sans rupture des liaisons peptidiques) ou irréversible (dénaturation avec rupture des liaisons peptidiques).

Elle a lieu :

- sous l'action de la température,
- mais aussi : sous l'action mécanique,
- au contact d'acide : un pH acide provoque une insolubilité et une agrégation des protéines entre elles (phénomène irréversible)
- au contact d'un alcool (exemple : le niveau de dénaturation des protéines de l'œuf est proportionnelle à la quantité et au degré alcoolique de l'alcool utilisé)

Selon la nature de l'agent, les effets de la dénaturation protéique sont nombreux et celle-ci peut atteindre :

- soit un stade irréversible ou perte définitive de la structure native, donc perte des propriétés fonctionnelles de la protéine (surtout propriétés de solubilité et d'hydratation).
- soit un stade réversible avec la possibilité de retour à la structure native et la restauration de ses propriétés fonctionnelles.

*Applications : Dénaturation des protéines du jaune d'œuf (crème anglaise, …) et de l'œuf entier (génoise, …) ; Dénaturation des protéines de la farine (gluten) au contact d'eau et sous l'action mécanique : déplissement , alignement des protéines et formation d'un réseau viscoélastique qui englobe les grains d'amidon de la farine.*

*NB : Une contribution d'Eric Kalinowski, CMA Arras*

*Protéine et Chaleur: alors que le terme "dénaturation" en lui-même semble péjoratif, **elle est cependant indispensable** en Pratique culinaire (sauce) et en Diététique (digestibilité du blanc d'oeuf).*

### 1.3.2.2 Au contact de l'eau : MISE A JOUR 25 AVRIL 2008

**Les protéines (solubles) s'hydratent** et se solubilisent au contact de l'eau. Elles forment une solution visqueuse, de type colloïdal.

*Exemples :*

- *La gélatine : absorption d'eau en solution froide par la gélatine, de 5 à 6 fois son poids en eau. Applications : réhydrater la gélatine soit dans 5 fois son poids en eau, soit au min 30 mn dans un grand volume d'eau.*
- *Hydratation des protéines de l'œuf au contact de l'eau*
- *Dissolution des éléments solubles de la farine au contact de l'eau, notamment les protéines et fibres solubles, sucres, enzyme, sel)*
- *Cas des protéines solubles présentes dans le lactoserum du lait dont la lactoglobuline, la lactalbumine, l'immunoglobuline, …*
- *Diffusion dans le liquide de blanchiment des protéines solubles de la viande ou de la volaille (cas des cuissons de type « pocher » : exemple de la Blanquette de veau, Poularde pochée …).*

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |

### 1.3.2.3 Au contact de la température :

#### *1.3.2.3.1 La fusion :*

Cas de la gélatine :
La gélatine est une protéine fibreuse très largement répandue dans le règne animal. Elle est obtenue par hydrolyse acide partielle du collagène contenu dans la peau, le tissu conjonctif de bovins et de porcins (le collagène gaine les fibres musculaires des bovins et des porcins), et/ou d'os de bovins (osséine).
La gélatine, une fois réhydratée, fond entre 27 et 35°C, et se solubilise à partir d'une température de 37°C.

*Applications : fusion de la gélatine au micro-ondes, avant incorporation dans : un appareil à bavarois, un crémeux, …*

A noter la particularité du collagène, protéine du tissu conjonctif, de s'hydrolyser dans un milieu humide en formant de la gélatine à partir de **55°C**[34] dans le cas de la viande, et à des températures plus basses (de l'ordre de **30 à 45°C**, fonction de l'espèce) dans le cas du poisson. Dans le cas de la viande, une cuisson longue (minimum 1h) à une température supérieure à 80°C provoque une **solubilisation** significative du collagène[35].
*Applications : cas des cuissons sans brunissement (type pocher), des cuissons combinées (type braiser, ..) appliquées aux viandes de 3ème catégorie.*
*Dans le cas de poissons contenant une grande quantité d'arêtes (exemple : l'alose), une cuisson en bocaux hermétiquement fermés à 100°C pendant près de 3 heures permet une hydrolyse du collagène composant les arêtes et leur ramollissement.*
*A noter aussi la pratique de plonger certains mollusques (poulpe, …) dans une eau bouillante salée (avec jus de citron) et de mener une cuisson à petite ébullition environ 35 mn pour attendrir ses chairs.*

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

#### *1.3.2.3.2 La gélification thermique : MISE A JOUR 25 AVRIL 2008*

**Un gel** est défini par les physiciens comme une dispersion d'un solide dans un liquide[36].
Les exemples dans les métiers de l'Alimentation ne manquent pas : blanc d'œuf, confiture, sauce, sirop,…mais aussi les tissus animaux ou végétaux (viande, poisson, fruit, légume, …) étant donné leur composition riche en eau.
Hervé This propose de classer les gels en deux grandes catégories :

- **les gels réversibles** (ex : gel à partir de protéines type gélatine, gel à partir de glucides type agar-agar, pectine thermoréversible, …), se distinguant par la capacité de ses composants (ex : les molécules de gélatine dans le cas d'une gelée) de se lier ou de se délier selon la t° en raison de leur type de liaison assuré par des forces physiques faibles ;
- **les gels irréversibles** (ex : gel à partir de protéines type protéines du blanc d'œuf, du poisson ou de la viande, … gel à partir de glucides type alginate, pectine non thermoréversible …), se différenciant des autres gels par la nature de leur liaison chimique, forte.

[34] Protéine présente dans les tendons, ligaments, os, et en proportion variable dans les muscles des animaux
[35] Article « *La viande de bœuf : structure et tendreté* », de Bernard Louis Dumont – Pour la science, hors série
[36] « De la science aux fourneaux », Hervé This – Editions Belin *Pour la science*, mai 2007, page 63

Dans le cas des protéines, il faut uniquement retenir comme exemple :

- **de gel réversible :** la gélification des **protéines de gélatine** (pour la réalisation des glaçages, des inserts gélifiés, …).

La température de début de gélification de la gélatine (tant de bœuf que de porc) est de l'ordre de **36°C**[37].
Dans le cas de la gélatine extraite de poisson, des études ont prouvé la corrélation qui existe entre la température du milieu dans lequel vivent les poissons et la température de gélification de la gélatine : ainsi, la gélatine des poissons vivant en eaux chaudes est supérieure à celle des poissons vivant en eaux froides.
Exemples[38] : Température de gélification de la gélatine du thon = 29°C, celle de la sole à 28°C et celle de la morue à 15°C

- **de gels irréversibles** :

    - la gélification des protéines de l'œuf[39](exemple de la l'appareil à crème prise, la crème anglaise, …) :

**Le blanc d'œuf perd sa fluidité vers 60°C (dénaturation des premières protéines constitutives du blanc d'œuf à partir de 57°C – épaississement à 62°C) et coagulent à 70°C.**
**Le jaune d'œuf perd sa fluidité vers 70°C (dénaturation des premières protéines constitutives du jaune d'œuf à partir de 61°C – épaississement à 68°C) et coagulent à 85°C**

    - la gélification des protéines du poisson :

La dénaturation des protéines du poisson s'opère de 30 à 45°C (en fonction de l'espèce),

    - la gélification des protéines des viandes[40] :

Il faut différencier l'action de la température en fonction de la nature des protéines constitutives des viandes :
*NB : Températures variables en fonction notamment de la race et de l'âge des animaux.*

- *LES PROTEINES SARCOPLASMIQUES (myoglobine, …) :*

| | |
|---|---|
| de 30 à 50°C | Activation des cathepsines (enzymes pectinolytiques) |
| de 50 à 55°C | Début de dénaturation des autres protéines sarcoplasmiques |
| à partir de 58°C | Dénaturation des cathepsines |
| à partir de 80°C | Dénaturation totale des protéines et formation d'un gel s'opposant aux mouvements de l'eau |

- *LES PROTEINES MYOFIBRILLAIRES (myosine, actine, …) :*

| | |
|---|---|
| à partir de 50°C | Dénaturation des protéines myofibrillaires |
| entre 60 et 65°C | Effet sur le muscle : contraction musculaire |
| 68°C | Température limite au-delà de laquelle le produit perd son eau de constitution. |
| 75°C | Contraction musculaire maximale |

- *LES PROTEINES DU TISSU CONJONCTIF (collagène, élastine, …) :*

| | |
|---|---|
| entre 58 et 60°C | Début de dénaturation des protéines du tissu conjonctif |
| vers 74°C | Transformation du collagène en gélatine |

37 *Op. cité, page 63*
38 Op. cité page 47
39 Op. cité page 65
40 « Alimentation et processus technologiques », Edition Educagri, Alain Branger – Marie – Madeleine Richer – Sébastien Roustel, 2008, pages 151 et 152

La **tendreté d'une viande** est par conséquent liée à deux paramètres :

- la température :

| | |
|---|---|
| avant 45°C | Tendreté propre à la viande à l'état cru |
| de 45 à 55°C | Amélioration de la tendreté de la viande suite à l'activation des cathepsines et leur action sur les protéines. Jusqu'à 63°C environ, la tendreté n'évolue pas en raison de l'inactivation des cathepsines. |
| de 63 à 73°C | Augmentation de la dureté de la viande suite à la dénaturation des protéines, au raccourcissement des fibres musculaires et du tissu conjonctif et de la perte en eau |
| A partir de 74°C | Amélioration de la tendreté de la viande suite à la transformation du collagène en gélatine, soluble. |

- le type de morceau :

La différence de tendreté s'explique par la différence de constitution des muscles en fonction de leur localisation anatomique.
Ainsi, la tendreté des muscles pauvres en tissu conjonctif (par exemple, la viande de 1ère catégorie) dépend de la température appliquée (idéalement, une basse température à cœur, dans la limite généralement de 62°C)
Par contre, la tendreté des muscles riches en tissu conjonctif (par exemple, la viande de 3ème catégorie, à braiser ou à pocher) dépend du couple temps / température appliqué à la viande et permettant la transformation du collagène en gélatine et sa solubilisation.

*<u>Remarque :</u> Bruno Goussaut précise que l'allure de la montée en T° agit également sur le pouvoir de rétention d'eau par les protéines, notamment myofibrillaires (actine, myosine)[41].*

| POINT DE CUISSON[42] | T° A COEUR | EXEMPLES |
|---|---|---|
| BIEN CUITE | **66°C (limite max. 68°C)** | |
| | **63°C** | Epaule d'agneau, Terrine lièvre, canard, … |
| A POINT | **62°C** | Blanc pigeon, poularde, … |
| ROSE | **60 / 62°C** | Foie gras, filet d'agneau, … |
| SAIGNANT | **58 / 60°C** | Viande rouge, … |
| BLEU | **56 / 58°C** | |
| « JUSTE CUISSON » | **50°C** | Colin, raie, … |
| | **48°C** | Lotte, … |
| | **45°C** | Bar, … |
| | **40°C** | Morue, … |
| | **38°C** | Thon, saumon,Turbot, … |

*<u>Remarques :</u>*
- *dans le cas d'une cuisson traditionnelle (non sous – vide), il est d'usage d'arrêter la cuisson environ 4°C avant l'atteinte de la cuisson à cœur, pour tenir compte du phénomène de conduction de la chaleur pendant la phase de repos*
- *La notion de « **Juste température** » correspond à la t° requise pour parvenir aux caractéristiques organoleptiques attendues par le consommateur (exemple : saignant, à point, …).*

o <u>la gélification des protéines du lait (caséine, lactalbumine, …) :</u>

Au contact de la température, certaines protéines du lait se dénaturent, dont les protéines solubles du lactosérum (notamment la lactoglobuline, la lactalbumine, l'immunoglobuline...) : coagulation sous l'action de la chaleur à partir de 80°C

<u>Applications :</u>

- Phénomène de débordement du lait en cuisson par la formation d'une peau en surface par la dénaturation des protéines solubles du lait (la pratique de sucrer légèrement le lait diminue la formation de la peau en surface)
- Technique de fabrication du beurre clarifié (élimination de l'écume formée en surface, notamment composée de protéines solubles du lait dénaturées)

<u>Remarque de Jeanne Cassagne – Vernières :</u> *Pour les protéines de l'œuf, le terme « floculation » est parfois utilisé.*
*<u>**La floculation**</u> est due à des réactions d'agrégation à la chaleur des protéines non ordonnée quand la dénaturation est réversible. (Exemple : rémédiation possible par agitation d'une crème anglaise floculée ou par transvasement dans un récipient froid).*
*<u>**La coagulation**</u> est due à des réactions d'agrégation non ordonnée quand la dénaturation est irréversible (coagulation de l'ovalbumine …).*
*Quand des molécules protéiques dénaturées s'agrègent pour former un réseau protéique ordonné, le phénomène est appelé <u>**gélification**</u> mais il nécessite une masse insoluble bien hydratée.*

*<u>Nouvelles applications :</u>*
*L'œuf cuit à 65°C d'Hervé This : principe de cuisson qui permet d'obtenir un blanc soyeux et moelleux, et un jaune d'œuf frais cru.*

[41] Bruno Goussault, Sujets interactifs du site du Journal « l'Hôtellerie »
[42] Fiche Précis technologique – Sous vide, Plateforme de travail collaboratif Pâtisserie – www.extrasucre.org

Les **paramètres de variation agissant sur la gélification** sont :

- dans le cas de la gélatine :

| | |
|---|---|
| **LE DEGRE BLOOM ou force en gelée** | Le terme « Bloom » du nom de l'inventeur américain du « Bloom Gelometer » (Gelmètre), Oscar T. Bloom, désigne la force en gelée d'une gélatine. Elle est exprimée de 50 à 300 Bloom par tranche de 20 (indication de la valeur du Bloom d'une gélatine à plus ou moins 10 Bloom prés).<br>Principe général : Plus le Bloom d'une gélatine est élevé, plus la quantité d'eau utilisée doit être grande ou le poids de gélatine doit être minimisé, à quantité de gélatine égale.<br>Pour un écart de bloom supérieur à 50, nécessité de rajouter 1/3 à 1/4 de la gélatine au bloom le plus faible<br>*Application : 12 g de gélatine à 200 bloom équivalent à 13 à 14 g de gélatine à 130 bloom*<br><br>*NB : « Le bloom est la force maximale mesurée lors de la pénétration d'un cylindre standardisé de ½ pouce de diamètre à une profondeur de 4 mm et avec une vitesse de 1 mm/seconde dans un gel à 6,67 % maturé pendant 18 heures à 10°C dans un flacon spécifique »*[43]. |
| **LE TEMPS et/ou LA TEMPERATURE** | Le début de la gélification de la gélatine s'opère entre 24 et 26°C, et nécessite un temps de 16 heures pour atteindre une gélification maximale.<br>*NB : le temps augmente la force en gelée (on parle de « mûrissement du gel »)*<br><br>La tenue du gel est fonction en grande partie de la température et du temps de refroidissement :<br>o *Refroidissement rapide = mouvement moléculaire limité – liaisons entre molécules aléatoires – réseau non homogène* [44]<br>o *Refroidissement lent = mouvement moléculaire maximum – liaisons entre molécules structurées – réseau homogène*<br><br>La gélatine perd de son pouvoir de gélification sous l'action prolongée d'une température supérieure à son point de fusion, c'est-à-dire de l'ordre de 37°C. |
| **CONCENTRATION en gélatine** | La prise d'une solution démarre en moyenne à partir de 0,8% de gélatine |
| **LE pH et LA TEMPERATURE avant prise** | Il existe une forte corrélation entre le ph, la température et le niveau de gélification : « Plus le pH est faible et la T° élevée, plus faible est le gel formé » (après prise, gel peu sensible à l'acidité). |
| **PRESENCE d'enzymes protéolytiques (action directe sur les protéines)** | Les enzymes protéolytiques ont la particularité d'hydrolyser les liaisons peptidiques, ce qui a pour conséquence de réduire la prise en gel.<br>Les enzymes protéolytiques sont présentes à l'état naturel dans certains fruits (exemples : broméline dans l'ananas, ficine dans la figue, papaïne dans la papaye …) [45] |
| **ACTION MECANIQUE** | La force en gel diminue sous l'action mécanique, par cisaillement et rupture des liaisons. |
| **NATURE et QUANTITE de substances dissoutes** | A noter l'action négative du sel sur la force du gel, l'action positive du sucre sur la force du gel. |

- dans le cas des protéines de l'oeuf :

[43] Christine Chède, société Adrianor
[44] « Révélations gastronomiques », de Hervé This – Editions Belin, Mai 1995
[45] Article « *Le cru et le cuit* », de Hervé This – Thuriès Magazine Gastronomie n°149, Mai 2003

| | |
|---|---|
| **QUANTITE de sucre** | La quantité de sucre au contact des protéines augmente sensiblement la tolérance des protéines de l'œuf au traitement thermique (protection sensible du réseau protéique des dégradations dues par la chaleur, grâce à l'e**ffet protecteur** du sucre contre le chauffage, élevant de 3 à 6°C les températures de gélification). |

- dans le cas des protéines du lait :

| | |
|---|---|
| **PRESENCE de sucre** | L'ajout de sucre dans le lait freine la dénaturation des protéines au contact de la chaleur, et notamment les points d'accrocs au fond du récipient de cuisson. |

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

#### ***1.3.2.3.3 Le cas particulier de la gélification thermique au contact de l'azote liquide :***

L'azote liquide, gaz cryogénique (température moyenne de -192°C), provoque la dénaturation des protéines à son contact. La manipulation de l'azote liquide requiert énormément de soins, pour éviter un contact direct de l'azote liquide sur la peau ou les muqueuses, au risque de « brûlures ».
Les protéines au contact de l'azote liquide se gélifient ; certains professionnels utilisent l'azote liquide pour donner une texture particulière aux fabrications de type meringue. Fortement volatil, la préparation doit être consommée aussi rapidement que possible.

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

#### 1.3.2.4 Au contact d'un milieu acide : la gélification acide MISE A JOUR 25 AVRIL 2008

Exemple de la **précipitation des protéines** en suspension dans la phase aqueuse du lait, à pH acide : la caséine est un complexe protéinique instable sous l'action acide (ferments lactiques) et/ou enzymatique.

*Exemple : caillé de camembert par ajout d'acide et d'enzymes, à la différence d'un caillé d'emmenthal essentiellement réalisé à partir d'un ajout d'enzymes.*
Précisément, à partir d'un pH < 4,6 (à 20°C), on assiste à l'annulation de la charge naturellement négative des molécules de caséine conduisant à l'absence de répulsion électrostatique et d'attraction, et conduisant à la précipitation de la caséine.
*Applications : la floculation du lait en présence de caramel (substance à pH acide), floculation du court-bouillon au lait (avec ajout de citron), la précipitation des protéines solubles lors de la clarification d'une marmite dans la fabrication d'un consommé (par l'utilisation d'une garniture aromatique acide : tomate, vert de poireau, …).*

*Autre exemple : la fabrication du yaourt (par l'ajout de ferments lactiques acidifiant le milieu)*
*Selon l'Union Européenne : Produit résultant d'un lait fermenté à partir de deux bactéries spécifiques (Lactobacillus bulgaricus, Streptococcus thermophilus). A savoir que l'utilisation de nouvelles bactéries comme le Bacillus bifidus communis, Bifidobacterium longum et bifidum, Lactobacillus acidophilus, ….n'ouvrent pas le droit à l'appellation Yaourt.*
*Le procédé de fabrication comprend :*
*- Standardisation du lait*
*- Pasteurisation*
*- Homogénéisation*
*- Ajout éventuel de poudre de lait (agent correctif de texture)*
*- Refroidissement à 42°C et ensemencement à partir de :*
*- Lactobacillus bulgaricus (apport d'acidité)*
*- Streptococcus thermophilus (apport d'arôme)*
*- Conditionnement en pot (Yaourt ferme), ou en vrac (Yaourt brassé), ou liquide (par malaxage dans des cuves avant conditionnement).*

*A NOTER l'action similaire du chlorure de calcium sur les charges électrostatiques des molécules de caséine, provoquant leur floculation.*

Exemple de la **précipitation** des protéines solubles lors de la clarification d'une marmite, par l'acidité apportée par les éléments de la garniture aromatique (vert de poireau, tomate, …).

Exemple de la **coction**[46] (terme proposé par M. Hervé This pour désigner l'action de l'acide, et plus largement l'action chimique résultant de l'acide, de l'alcool, du sucre, du sel, des enzymes et de la pression) sur les protéines conduisant à des résultats proches d'une dénaturation par la température.

*Applications : cuisson dit « à la tahitienne » des poissons, ceviches d'Amérique du Sud, surimis , …*

Exemple de la coagulation des protéines de l'œuf immergé dans un bain d'eau chaude et d'acide (cas de la cuisson des œufs pochés).

Exemple de la **précipitation des protéines (floculation) accidentelle,** survenant :
- dans la cuisson d'un court-bouillon au lait : sous l'action conjuguée d'un acide (sous forme de citron) et de la température, la caséine, protéine du lait, peut précipiter en surface (la caséine est complexe protéinique instable sous l'action acide et/ou enzymatique). Une ébullition préalable du lait, ou une dilution du lait dans de l'eau (4/5 d'eau pour 1/5 de lait) peut limiter ce risque ;
- dans la liaison finale d'une crème Germiny. L'ajout de la chiffonnade d'oseille (acide) est préconisé au dernier moment pour réduire le risque de floculation des protéines de la crème voire des jaunes d'œufs.

[46] « Coction », de même racine indo-européennne *kok* que le mot « cuisson » pour décrire les « cuissons sans chauffer ».

*A noter l'incidence d'un milieu basique sur la dénaturation des protéines (exemple des œufs de « cent ans » des populations asiatiques).*

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

#### 1.3.2.5 Au contact d'alcool :

L'alcool dénature les protéines, car il interagit avec l'eau, laquelle hydrate les protéines (ce qui modifie leur dispersibilité et leur solubilité).
Exemple de la **coction** (terme proposé par M. Hervé This pour désigner l'action de l'alcool, et plus largement l'action chimique résultant de l'acide, de l'alcool, du sucre, du sel, des enzymes et de la pression) sur les protéines conduisant à des résultats proches d'une dénaturation par la température.

| *Application : coction de l'œuf placé dans de l'éthanol (exemple : une eau-de-vie) qui a l'apparence d'un œuf poché* |
|---|

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

#### 1.3.2.6 Au contact d'enzymes (protéinases) :

Exemple de l'action des **enzymes protéolytiques (protéinases)** sur les protéines :

- **gélification enzymatique de la caséine,** protéine en suspension dans la phase aqueuse du lait, au contact d'une enzyme : exemple de la chymosine, enzyme extraite de la caillette du veau (enzyme du suc gastrique sécrété par le quatrième estomac de jeunes ruminants), ou synthétisée (obtenue par fermentation industrielle d'origine microbienne, extraite particulièrement de moisissures).

*Applications : fabrication du fromage par précipitation de la caséine, floculation de la caséine et de la matière grasse et séparation entre : le caillé et le lactosérum (ou petit lait)*
*Exemple du « caille-lait »[47], qui correspond à la pratique de mettre en contact du lait frais avec des végétaux (comme le foin d'un artichaut, ou des extraits de fleurs de cardons) pour permettre à la caséine de se dénaturer et former un caillé particulier.*
*Application : Enfermer le foin d'artichauts dans une mousseline, et placer dans du lait à température ambiante (température tiède) pendant 12 heures (dosage recommandé : 1 foin par demi litre de lait).*

[47] « De la science aux fourneaux », Hervé This – Editions Belin *Pour la science*, mai 2007, page 112

- **action sur les liaisons peptidiques**, notamment dans le cas d'ajout d'enzymes protéolytiques présentes à l'état naturel dans certains fruits : broméline dans l'ananas, ficine dans la figue, papaïne dans la papaye …) [48], avec un effet :
  - inhibiteur de la prise en gel de la gélatine

*Applications : Pâtisserie : Prendre la précaution de porter à ébullition et cuire le jus d'ananas ou de kiwi par exemple au minimum 5 mn avant de le coller à la gélatine (dénaturation des enzymes protéolytiques sous l'action de la t°, limitant leurs actions à l'interface des protéines).*

  - d'attendrissement des protéines de la viande (avec la rupture d'une partie des liaisons protéiques musculaires)

Il est également important de relever l'action spécifique des **enzymes pectinolytiques** (pouvant être présentes dans des jus de fruits type tomate, orange), sur les gels formés par les pectines.

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
| --- |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

[48] Article « Le cru et le cuit », de Hervé This – Thuriès Magazine Gastronomie n°149, Mai 2003

### 1.3.2.7 Le cas particulier des enzymes responsables de fermentation[49] :

Les fermentations visent tant les activités en milieu aérobie ou anaérobie des micro-organismes ajoutés ou non dans une pâte levée, que l'activité des enzymes présentes dans le milieu.
Les transformations dépendantes des fermentations participent du développement des arômes et de la saveur caractéristiques des produits.
Dans le chapitre des fermentations, les enzymes jouent un rôle capital en vinification, boulangerie, crèmerie, charcuterie :

| TYPES DE FERMENTATION | TYPE DE REACTION | APPLICATIONS |
|---|---|---|
| **FERMENTATION ALCOOLIQUE** | Action des levures (du genre Saccharomyces) en milieu anaérobie sur les sucres (glucose, maltose, saccharose) avec production d'alcool (éthanol) et de dioxyde de carbone (CO2 à 95%).<br>Formation de composés aromatiques (aldéhydes, cétones). | Base de la production de la bière, du cidre, du pain et du vin |
| **FERMENTATION LACTIQUE** | Action des bactéries lactiques avec production d'acide lactique (bactérie lactique homofermentaire) OU avec productions d'acide lactique, d'acide acétique et du gaz carbonique (bactérie lactique hétérofermentaire). | Fermentation avec levains (apport de goût et d'arôme dans la panification)<br>Base de la production de yaourts, laits fermentés, fromages, saucissons, choucroute, … |

*Autres[50] :*

| | | |
|---|---|---|
| **FERMENTATION MALOLACTIQUE** | Action de certaines bactéries lactiques (genre Oenococcus) sur l'acide malique, avec production d'acide lactique et de CO2 | Conduite en vinification, et permettant une désacidification du vin et une élimination de l'acide malique (pouvant donner au vin une « verdeur » indésirable) |
| **FERMENTATION PROPIONIQUE** | Action de certaines bactéries (genre Propionibacterium) avec production d'acide propionique | Fermentation au cours de la fabrication des fromages à pâtes cuites (type Comté, Gruyère, Emmenthal) |

*Remarques :*
*dans la famille des fermentations, il existe aussi des fermentations :*

- *indésirables de type :*

| | | |
|---|---|---|
| FERMENTATION BUTYRIQUE | Action des bactéries (type Clostridium) avec production d'acide butyrique et de CO2 | Cas des boites de conserves avariées, choucroutes « sur-fermentées », … |
| FERMENTATION MANNITIQUE | Action de certaines bactéries lactiques au-delà de 35°C, conduisant à l'arrêt de la fermentation alcoolique et la production d'acide lactique, acétique et mannitol | Vinification à des t° excessives |

- *utilisées à des fins industrielles :*

| | |
|---|---|
| FERMENTATION DE MELASSES | Production d'acides organiques (acide citrique, fumarique) utilisés dans l'industrie alimentaire |
| FERMENTATION D'ACIDES GRAS | Production d'huiles essentielles, arômes, parfums |

- *hors domaine de l'alimentation :*

| | |
|---|---|
| FERMENTATION DE SOUS PRODUITS de sucreries | Production de bioéthanol |
| FERMENTATION DE SOUS PRODUITS du lait (le lactosérum)[51] | Production de bioéthanol |
| FERMENTATION de résidus organiques humides végétaux ou animaux | Production de biogaz |

[49] Fiche Précis technologique – Levure, Plateforme de travail collaboratif Pâtisserie – www.extrasucre.org
[50] Catherine Foucaud-Scheunemann, mission Communication – INRA, op. cité
[51] Sciences et vie, n°1077 – Juin 2007, « Pour l'auto, le petit lait se change en éthanol », page 28

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

### 1.3.2.8 Par l'action mécanique :

Dans le cas des protéines animales :
A noter l'incidence d'une action mécanique sur les protéines de la viande ou du poisson (type mollusque : calamar, seiche, poulpe), correspondant à un attendrissement de la chair par scission des liaisons peptidiques (Exemple du terme « Batter », appliqué à la viande pour « casser » les fibres musculaires et égaliser l'épaisseur d'un paillard de veau, …).
En pratique, la tendreté est optimisé après congélation et battage (la congélation doit dans cet objectif être limité à un à deux jours pour freiner la perte en eau consécutive à un suintement des fibres musculaires et une libération de leur eau de constitution).
Hervé This note que la technique peut de même s'appliquer au bœuf[52]

Dans le cas des protéines végétales dans la fabrication des pâtes en Pâtisserie :
L'action mécanique du pétrissage permet la dispersion des éléments insolubles (notamment les protéines insolubles, exemple des protéines du blé dont la gliadine et de la gluténine) et la constitution progressive du gluten : déplissement, alignement des protéines et formation d'un réseau viscoélastique (gluten) qui englobe les grains d'amidon de la farine, et donne la structure et la résistance aux pâtes levées ou expansées.
En règle générale, plus le pétrissage est intense, plus la mie est fine, régulière, les alvéoles nombreuses et fines participant à donner une texture moelleuse au produit ; à l'inverse, moins il est intense, plus la structure alvéolaire est irrégulière, la mie plus ferme, la pâte moins développée.
**Remarque :** de la force boulangère de la farine dépend sa machinabilité ; les contrôles à partir d'échantillons du blé mesurent cette valeur boulangère :

- Test de sédimentation de Zélény : mesure le taux de gluten
- Essai à l'alvéographe de Chopin : mesure la qualité du gluten (évaluation de la force boulangère d'une farine; indice de mesure : W)

Principes : Pétrissage d'une pâte hydratée à 50% pendant 8mn, laminage, repos à 25°C, introduction d'air et mesure de l'extensibilité et de la tenacité de la pâte sous forme d'un alvéogramme).
Farine faible : 140 < W < 180 (« Farine courte »)
Farine ordinaire : 180 < W < 200 (« Farine moyenne »)
Farine forte : W > 200 (exemple : W 367 pour la farine de gruau, riche en gluten)
*NB : Valeur P (élasticité), L (point de rupture), G (extensibilité)*
Exemple[53]

| Fabrications | Force boulangère moyenne (W) |
|---|---|
| Pâtes brisées | 120 – 140 |
| Pâtes sablées | 150 - 170 |
| Pain de tradition avec pointage long | 150 – 180 |
| Pâtes feuilletées | 180 – 200 |
| Pain courant français, pâte à pizza | 180 – 220 |
| Pain de tradition | 200 – 220 |
| Biscotte, main de mie courant | 200 - 240 |

[52] « De la science aux fourneaux », Hervé This – Editions Belin *Pour la science*, mai 2007, page 85
[53] « Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits », Volume 2 (Technologie des produits alimentaires), de Romain Jeantet / Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006 – page 171

| | |
|---|---|
| Pain français par congélation de la pâte | 220 – 270 |
| Brioche | 250 – 300 |
| Pain de mie américain type buns | > 350 |

- Temps de chute de Hagberg : mesure la présence éventuelle d'enzymes (ex : présence d'amylases dues à la germination des grains sur pied et traduisant de mauvaises conditions de conservation), déterminant la fermentescibilité de la pâte
- Essai de panification : mesure concrète de la valeur boulangère en fabriquant des pains avec la farine à tester

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

## 1.3.2.9 Le foisonnement :

Il faut distinguer :

- l'ajout de gaz (air) par l'action mécanique ;
- de l'ajout de gaz (notamment CO2, N2O) à l'aide d'un siphon à chantilly

conduisant au même résultat : **le foisonnement**, correspondant à une augmentation du volume de la préparation, dans ce cas par incorporation de gaz.

*A noter : le foisonnement peut aussi avoir lieu par dégagement de gaz au sein d'une fabrication, conduisant à l'augmentation de leur volume : c'est par exemple le cas des pâtes levées fermentées et non fermentées, qui sous l'action notamment de la température, gonflent par le dégagement de gaz carbonique.*

La mousse est par conséquent une dispersion de bulles de gaz dans une phase continue liquide ou semi – liquide, stabilisées grace à l'ajout de molécules tensioactives
Le taux de foisonnement est déterminé par comparaison entre le volume initial et le volume final, et exprimé en %

| Taux de foisonnement = Poids du volume initial / Poids du même volume final x 100 |
|---|

Exemple : Taux de foisonnement d'une crème UHT = 1000 (Poids d'un litre de crème) / 475 (Poids correspondant à 1 l de crème fouettée) x 100 = 2,1 soit 210 %.
*Applications : foisonnement de la glace aux œufs par la fixation de micro particules de gaz (de l'air en l'occurrence) dans l'opération de turbinage, foisonnement de la crème liquide par battage, foisonnement d'une pâte à bombe, …*
*NB :*

- *pour assurer un taux de foisonnement optimal (généralement 250%), privilégier une crème liquide UHT à teneur en MG comprise entre 33 et 35%[54], et à une t° de 3 à 6°C.*
- *il est à noter la particularité de certains gaz (comme le gaz carbonique) de se dissoudre dans l'eau, dissolution pouvant être déstabilisée lors de modifications de pression et de température*

*Exemples : ouverture d'une bouteille d'eau gazeuse avec remontée de bulles de gaz carbonique à la surface de l'eau ; émission de bulles de gaz à la surface d'une eau portée à 50 - 60°C (O2, N2, CO2)*

### *1.3.2.9.1 Le foisonnement par action mécanique*

[54] « Au cœur des saveurs », Frédéric Bau, Montagud Editores 2006

L'action mécanique cisaille les protéines (rupture des liaisons d'une partie de la structure tertiaire), et participe à leur déroulement progressif en mettant en contact leurs parties hydrophobes avec l'air, à l'intérieur des bulles et leurs parties hydrophiles avec l'eau circulant entre les bulles.

Les protéines s'associent alors en une nouvelle configuration (réseau tridimensionnelle), apte à retenir des bulles d'air dans leur masse.

Dans la formation d'une mousse, les protéines diffèrent entre elles par la nature de leurs tensio-actifs :

- une **protéine moussante** est fonction de sa capacité à être soluble dans la phase liquide, migrer et se déplisser rapidement et facilement pour pouvoir s'absorber à l'interface EAU – AIR ;
- une **protéine stabilisante** est fonction de sa capacité à former un film résistant, flexible et cohésif afin de réduire la perméabilité aux gaz et inhiber le phénomène de coalescence des bulles

*NB : capacité et stabilité moussante ne sont pas deux aptitudes systématiques des protéines.*

Les bulles d'air sont stabilisées grâce aux forces de tension superficielle de l'eau entourant chacune de ces bulles ; Les tensioactifs agissent en diminuant la tension superficielle à l'interface eau / air : en se positionnant à l'interface eau /air (une partie hydrophile en contact avec l'eau et une partie hydrophobe en contact avec l'air), ils forment un film rigide interfacial ce qui permet d'incorporer et de stabiliser au fur et à mesure les bulles d'air dans leur masse.
*NB : deux protéines sont en forte proportion dans le blanc d'œuf, l'ovalbumine et la globuline. Il existe aussi : l'ovomucine, la lysozyme, l'ovomucoïde et la conalbumine.*
*Hervé This précise dans son ouvrage « De la science aux fourneaux »[55] le rôle de chacune de ces protéines du blanc d'œuf dans la formation de la mousse : « Les protéines nommées globulines réduisent fortement l'énergie de surface ; l'oomucoïde et les globulines retardent le drainage du liquide entre les bulles (ce qui pérennise les bulles), en raison de la viscosité qu'elles confèrent au blanc ; le lysozyme forme des complexes avec l'ovomucine et les autres protéines, ce qui renforce les interfaces ».*

*NB : un battage prolongé des blancs d'œufs provoque leur **grainage** (c'est-à-dire l'apparition de particules solides).*

**Les paramètres de variation** agissant sur le foisonnement sont :

- **les facteurs agissant sur la viscosité du milieu** :
  - **la température** :

La température agit directement sur la viscosité[56] du milieu :
Dans le cas des blancs d'œufs : à froid, la viscosité des blancs est forte. La fermeté du gel freine le foisonnement. Des blancs tempérés ou un battage à vitesse progressive conduisent à faciliter l'incorporation des bulles d'air.
Dans le cas de la crème : à froid, la viscosité de la crème est forte, principalement due au raffermissement de la matière grasse. L'action du froid est déterminante dans l'aptitude de la crème à foisonner.

  - **la température du liquide** ajouté dans les blancs montés, dans l'exemple caractéristique de la meringue Italienne. Des études menées par Hervé This[57] ont prouvé qu'une température du sirop inférieure à 117°C provoque l'instabilité de la mousse en raison de la viscosité faible du liquide circulant entre les bulles d'air. En revanche, une température supérieure à 127°C du sirop le rend très visqueux, et par conséquent, très difficile à s'immiscer entre les bulles d'air (il se forme des blocs durs et cassants qui alourdissent la masse et nuit à la formation de la mousse).
  - **la nature et la concentration en protéines tensioactives** : en règle générale, le foisonnement d'une préparation est conditionné par une teneur en protéines de l'ordre de 2 à 8% (une forte concentration en protéines peut inhiber le foisonnement, et faciliter les risques de grainage).

*Application : L'ajout en quantité minime de blancs d'œufs sous la forme déshydratée dans des blancs élève la concentration en protéines, et facilite le foisonnement.*

- **Les facteurs agissant sur les charges électrostatiques :**

---

[55] « De la science aux fourneaux », Hervé This – Editions Belin *Pour la science*, mai 2007, page 120

[56] Viscosité : en principe, la mesure de la viscosité d'une solution est déterminée par le temps d 'écoulement d'une solution de gélatine à concentration déterminée à travers une pipette viscosimétrique à la température de 60°C.

[57] « De la science aux fourneaux », Hervé This – Editions Belin *Pour la science*, mai 2007, page 125

- **le niveau de pH :** l'ajout d'acide dans les blancs d'œufs sous la forme de crème de tarte abaisse le ph, ce qui a pour effet de diminuer les répulsions entre les chaînes (l'acide ayant une action directe sur les charges électrostatiques) et de favoriser la formation de gel et la stabilité de la mousse.

*Attention : ne pas remplacer la crème de tarte par de l'acide tartrique, en raison de son pH acide plus fort.*

- la présence de sel (et notamment des ions sodium et chlorure agissant sur les chaînes en favorisant leur rapprochement)

*Application : justification de la pincée de sel dans l'usage classique de montage des blancs manuellement.*

- la présence d'ions complexants, notamment dans le cas de l'utilisation de cuivre

*Application : stabilisation accrue de la mousse dans un bassin en cuivre, ce qui explique la pratique ancestrale de monter des blancs d'œufs dans des bassines en cuivre.*

- la nature du milieu : la présence de matière grasse dans les blancs d'œufs, par exemple sous forme de jaune d'œuf peut freiner l'absorption d'air par les protéines (et par conséquent limiter le foisonnement) en raison de sa teneur en matière grasse dite « phosphorée », jouant un rôle tensio-actif en formant une pellicule autour d'elles).

*Application : Principe d'éliminer toute trace de jaune d'œuf dans des blancs clarifiés avant de les battre*

- **Les facteurs agissant directement sur le taux de foisonnement :**

La nature de l'action mécanique : la vitesse et l'amplitude d'incorporation d'air sont responsables du taux de foisonnement (à privilégier les fouets à blancs pour le volume de leurs branches dans le cas d'une action mécanique manuelle, l'utilisation de batteur mélangeur mécanique – de mixeur –plongeant, …). Dans le cas spécifique des solutions liquides froides ou chaudes à foisonner, la tenue du mixeur à la surface du liquide est un critère de réussite.

**La stabilisation d'une mousse alimentaire** est principalement due :

- **à l'ajout de composés hydrosolubles** (exemple le sucre), lesquels en se liant à l'eau circulant entre les bulles d'air agissent sur la viscosité de la masse (en l'augmentant) et par conséquent, sur la fermeté de la mousse (en limitant le drainage entre les bulles d'air);

*Il est préconisé d'ajouter le sucre en trois fois dans le montage de blancs d'œufs (au début – au milieu – en fin d'opération) pour faciliter l'incorporation de l'air dans la masse et la stabilisation de la mousse.*

*Exemple : un ajout de la quantité totale du sucre au départ freinerait l'incorporation de bulles d'air dans la masse (le sucre se lierait à l'eau, limitant sa liaison à des bulles d'air par les molécules tensio-actives).*

- **à l'action de la température** :

Les protéines du blanc d'œuf (et notamment l'ovalbumine) et du jaune d'œuf (notamment les lipoprotéines du plasma et des granules) ont la particularité de retenir et de stabiliser des bulles d'air en formant un réseau structuré :

- par la cuisson, par dénaturation des protéines

*Applications : action de la température sur les blancs d'œuf montés piégeant les bulles d'air (cas des meringues, des soufflés dont la tenue est due à l'ovalbumine du blanc d'œuf (50% du blanc) qui n'est pas dénaturée lors du brassage et qui coagule à la cuisson, limitant ainsi la croissance des bulles d'air qui finiraient par exploser), sur les jaunes d'œuf (cas des sabayons), principe d'augmentation de volume de la pâte à génoise, de la pâte à bombe, …*

*NB : à noter l'action inhibitrice d'une température prolongée sur le foisonnement d'une préparation (exemple de la pâte à génoise dépassant une t° de 60°C avant l'opération de battage, d'une t° dépassant les 68°C dans la réalisation d'un sabayon, …qui provoque l'augmentation forte de la viscosité de la fabrication préjudiciable à sa capacité à fixer et maintenir des bulles d'air dans sa masse.*

- par le froid, par cristallisation de la matière grasse présente

*Applications : la crème fouettée, la crème Chantilly, le « chocolat chantilly »*[58]

- **à la nature de l'action mécanique** :

Un battage prolongé peut causer une déstabilisation d'une mousse alimentaire ou d'une émulsion mousseuse.

*Applications :*

- *dans le cas d'une mousse alimentaire (exemple des blancs d'œufs montés) : grainage des blancs d'œufs (correspondant à une précipitation des protéines et un rejet de leur eau de constitution)), phénomène accentué*

[58] « Casseroles & éprouvettes », Hervé This, Editions Belin – Pour la science, « Le chocolat chantilly » page 215

*avec l'utilisation de blancs d'œufs très frais*

- *dans le cas d'une émulsion mousseuse (exemple d'une crème fouettée), à la suite d'un battage prolongé, provoquant l'agglomération des particules de matières grasses et la libération de l'eau de constitution.*

*<u>Nouvelles applications</u> : Réalisation de meringues ultra-légères (les cristaux de vent)*
*Une mousse de blanc d'œuf est constituée de blancs d'œufs (donc majoritairement d'eau et de protéines), et d'air. Pour augmenter le volume d'air incorporé, Hervé This propose d'ajouter de l'eau (ou son équivalent : jus, infusion, …).*

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

| *Autres applications : Réalisation de guimauves base gélatine (sans blanc d'œuf)*<br>*Recette extraite des Repères techniques[59] – FT Guimauve, de Germain Etienne* | | |
|---|---|---|
| CUIRE : à 110°C l'eau, le sucre, le sucre inverti<br>DECUIRE : avec les feuilles de gélatine trempées dans 5 fois leurs poids en eau froide ou 30 minutes dans une grande quantité d'eau froide et égouttées<br>VERSER : sur le sucre inverti dans une cuve<br>MONTER : en 3ème vitesse à l'aide d'un fouet<br>PARFUMER : avec un arôme choisi<br>COLORER : couleur pastel<br>INCORPORER : l'acide citrique (facultatif)<br>COULER : en cadre sur feuille guitare<br>APPLIQUER : une feuille guitare dessus<br>LAISSER GELIFIER : 12 heures à 24 heures<br>DECADRER :<br>ENLEVER : les feuilles guitare (utiliser un décapeur thermique)<br>SAUPOUDRER : du mélange amidon sucre glace à 50%<br>DETAILLER : à la guitare 2x2 cm<br>ROULER : dans le mélange amidon sucre glace | Eau :<br>Sucre :<br>Sucre inverti :<br>Feuilles de gélatine (200 bloom) :<br><br>Solution acide citrique :<br>Sucre inverti :<br>Arôme :<br>Colorant : | 0.400<br>1.200<br>0.380<br>0.096<br><br>0.010<br>0.560<br>QS<br>QS |

Cas particulier des pâtes levées et des pâtes battues :
Il faut noter qu'une pâte levée lors de sa fabrication, et notamment après l'étape du pétrissage, peut être assimilée à une mousse, c'est-à-dire à une dispersion de gaz dans un réseau protéique et dans une phase visqueuse composée principalement d'amidon, de fibres et d'eau.
Dans le cas des pâtes battues, il s'agit d'une dispersion de gaz dans une phase semi fluide composée d'amidon, de fibres, de protéines et d'eau (apportés par les œufs).

#### ***1.3.2.9.2 Le foisonnement par ajout direct de gaz :***

L'introduction directe de bulles de gaz dans une préparation souvent liquide produit une mousse par foisonnement.
*Application : c'est le cas par exemple de la fabrication de la crème fouettée, de la crème Chantilly à partir de crème et d'un siphon à chantilly.*
*Application moderne :*
*Ferran Adrià qualifie « d'**Espumas »** les mousses légères réalisées avec un siphon à chantilly et une ou plusieurs cartouches de gaz (N2O).*

| |
|---|
| Exemple : El Bulli, 1998 - 2002<br>*Application : Espumas de coco*<br>*600 g de lait de coco, 250 g d'eau, ¾ feuille de gélatine, 1 siphon, 1cartouche N2O*<br>*Chauffer la moitié de l'eau, dissoudre la gélatine réhydratée, ajouter le lait de coco et le restant de l'eau. Mélanger, chinoiser. Verser dans le siphon, charger. Refroidir 2h.*<br>*Autre application : Espumas fruits de la passion*<br>*250g de jus de fruits de la passion, 150 g d'eau, 1,5 feuille de gélatine, 1 siphon, 1cartouche N2O* |

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |

[59] Repères techniques, Fiches techniques – Confiserie, Plateforme de travail collaboratif Pâtisserie – www.extrasucre.org

# 1.4 Etude des GLUCIDES :

## 1.4.1 Présentation générale :

Les glucides sont composés de molécules de sucres dits simples, dont le glucose et/ou le fructose et/ou le galactose. Ils peuvent se classer en trois groupes :

- **les monosaccharides** (glucides simples, les oses) à savoir le glucose, le fructose, le galactose – directement assimilable par l'organisme (sucres dits réducteurs)
- **les disaccharides** (glucides doubles) dont le lactose (glucose + galactose), le maltose (2 glucoses) et le saccharose (glucose + fructose)
- et **les polysacharides** (polymères de glucose), de réserve (amidon, glycogène) et de structure (dont la cellulose, les alginates, …)

Le tableau[60] suivant permet de différencier chaque groupe :

| CLASSIFICATION BIOCHIMIQUE<br>Critère : la structure moléculaire | NOM | ORIGINE NATIVE | PROPRIETE CHIMIQUE<br>Critère : Sucre réducteur / non réducteur [61] | PROPRIETE NUTRITIONNELLE<br>Critère : Index Glycémique 62 |
|---|---|---|---|---|
| MONOSACCHARIDE<br>1 molécule<br>Poids Moléculaire (PM) = 180 | GLUCOSE | Miel (50%) | REDUCTEUR | IG = 100 (par convention et référence) |
| | FRUCTOSE | Miel (50%) ; Fruits et légumes (10 à 20%) | REDUCTEUR | IG = 20 |
| | GALACTOSE | Lait (Constituant du lactose) | REDUCTEUR | |
| DISACCHARIDE<br>2 oses simples<br>PM = 342 | SACCHAROSE<br>glucose + fructose | Betterave, canne (majoritairement) | NON REDUCTEUR | IG = 65 |
| | LACTOSE<br>galactose + glucose | Lait (5%) | REDUCTEUR | |
| | MALTOSE<br>glucose + glucose | Malt | REDUCTEUR | |
| POLYSACCHARIDE DE RESERVE<br>Polymère du glucose<br>De 50 000 à 1000 000 molécules de glucose<br><br>PM élevé | AMIDON(S)<br><br>*Et dérivés : sirop de glucose, glucose atomisé, ….* | Céréales dont maïs (60-70%), Tubercules, Légumineuses, Banane, Châtaigne, … | | IG bas (environ 40) surtout si l'amidon est associé à des protéines végétales et à des fibres alimentaires<br>Ex : céréales complètes |
| | GLYCOGENE | Foie et Muscles des animaux | | |
| POLYSACCHARIDE DE STRUCTURE<br>Polymère d'oses simples<br><br>Exemples : Cellulose (polymère de glucose), Alginate (polymère du galactose) | CELLULOSE<br>HEMICELLULOSE<br>PECTINE<br>LIGNINE | Parois des cellules végétales : fruits, légumes<br>En proportion variable selon les espèces végétales | | Statut de FIBRES ALIMENTAIRES<br>- Transit alimentaire<br>- Elimination du cholestérol<br>- Prévention des cancers du colon |
| | ALGINATE<br>AGAR-AGAR<br>GOMMES<br>MUCILAGES | Algues<br>Acacia<br>Graine de lin | | Fonction TECHNOLOGIQUE<br>- Epaississant<br>- Gélifiant<br>E 4… : statut d'additif alimentaire. |
| | CHITINE | Polymère présent dans les carapaces de crevette ou dans les champignons[63] | | |

[60] Fiche Précis technologique – Les gucides, Plateforme de travail collaboratif Pâtisserie – www.extrasucre.org

[61] Sucre réducteur / Sucre non réducteur : propriété chimique qui permet le dosage des sucres (Ex : Dosage des sirops de glucose), permet de prévoir la Réaction de Maillard ou Brunissement non Enzymatique (pour les sucres réducteurs)

62 Indice mesurant la vitesse d'absorption du glucose dans le sang, donc la mesure de la sécrétion d'insuline (hormone responsable de l'entrée du glucose dans le foie et le tissu adipeux – mise en réserve). L'IG se substitue aux notions de glucides lents et rapides (Voir RIA n°629, Novembre 2002). Par convention : IG Glucose 100, Saccharose 65, Polyols 25, Fructose 20 et IG Pain blanc, pommes de terre 70 / 90, Riz blanc, pâtes 50/60, Légumes secs 20/40

[63] « De la science aux fourneaux », Hervé This – Editons Belin *Pour la science*, mai 2007 (page 13)

Les glucides ont un rôle dans l'organisme essentiellement **nutritionnel** par l'apport d'énergie.

*NB : 16,7 kJ/g / les glucides doivent couvrir environ 55% des apports énergétiques dans une alimentation normale*

Certains glucides, les polyosides de structure, sont acaloriques et pour certains d'entre-eux, ont le statut de fibres alimentaires (cf les nutriments non énergétiques tels la cellulose).

**Extrait de la réglementation : Réglementation Décembre 2006, portant sur les allégations nutritionnelles et de santé**
**Précisions sur les termes en rapport avec la teneur en glucides**

**FAIBLE VALEUR ÉNERGÉTIQUE**

Une allégation selon laquelle une denrée alimentaire a une faible valeur énergétique, ou toute autre allégation susceptible d'avoir le même sens pour le consommateur, ne peut être faite que pour un produit contenant au maximum 40 kcal (170 kJ)/100 g dans le cas des solides ou au maximum 20 kcal (80 kJ)/100 ml dans le cas des liquides. Dans le cas des édulcorants de table, la limite de 4 kcal (17 kJ)/portion, avec des propriétés édulcorantes équivalentes à 6 g de saccharose (approximativement 1 petite cuillerée de saccharose), s'applique.

**VALEUR ÉNERGÉTIQUE RÉDUITE**

Une allégation selon laquelle une denrée alimentaire a une valeur énergétique réduite, ou toute autre allégation susceptible d'avoir le même sens pour le consommateur, ne peut être faite que si la valeur énergétique est réduite d'au moins 30 %, en indiquant la ou les caractéristiques entraînant la réduction de la valeur énergétique totale de la denrée alimentaire.

**SANS APPORT ÉNERGÉTIQUE**

Une allégation selon laquelle une denrée alimentaire n'a pas d'apport énergétique, ou toute autre allégation susceptible d'avoir le même sens pour le consommateur, ne peut être faite que si le produit contient au maximum 4 kcal (17 kJ)/ 100 ml. Dans le cas des édulcorants de table, la limite de 0,4 kcal (1,7 kJ)/portion, ayant des propriétés édulcorantes équivalentes à 6 g de saccharose (approximativement 1 petite cuillerée de saccharose), s'applique.

**FAIBLE TENEUR EN SUCRES**

Une allégation selon laquelle une denrée alimentaire a une faible teneur en sucres, ou toute autre allégation susceptible d'avoir le même sens pour le consommateur, ne peut être faite que si le produit ne contient pas plus de 5 g de sucres par 100 g dans le cas des solides ou 2,5 g de sucres par 100 ml dans le cas des liquides.

**SANS SUCRES**

Une allégation selon laquelle une denrée alimentaire ne contient pas de sucres, ou toute autre allégation susceptible d'avoir le même sens pour le consommateur, ne peut être faite que si le produit ne contient pas plus de 0,5 g de sucres par 100 g ou par 100 ml.

**SANS SUCRES AJOUTÉS**

Une allégation selon laquelle il n'a pas été ajouté de sucres à une denrée alimentaire, ou toute autre allégation susceptible d'avoir le même sens pour le consommateur, ne peut être faite que si le produit ne contient pas de monosaccharides ou disaccharides ajoutés ou toute autre denrée alimentaire utilisée pour ses propriétés édulcorantes. Si les sucres sont naturellement présents dans la denrée alimentaire, l'indication suivante devrait également figurer sur l'étiquette: «CONTIENT DES SUCRES NATURELS».

Par ailleurs, ils ont aussi un **rôle organoleptique** par leur participation à la texture, à la couleur (brunissement non enzymatique) et à la sapidité des aliments (notamment le pouvoir sucrant des glucides sucre).
NB : Pouvoir sucrant des principaux glucides

| | Pouvoir sucrant relatif |
|---|---|
| **Saccharose** | **1** |
| Fructose | 1,3 |
| Xylitol | 1,0 |
| Maltitol | 0,8 |
| Glucose | 0,7 |
| Mannitol | 0,7 |
| Sorbitol | 0,5 |
| Maltose | 0,5 |
| Isomaltol | 0,5 |
| Lactitol | 0,4 |
| Lactose | 0,3 |

Enfin, ils ont un **rôle technologique** par leur contribution à la réduction des disponibilités en eau agissant sur la durée de conservation.

Précis sur les amidons :
L'amidon est une substance issue principalement de graines, tubercules et racines de plantes en tant que source énergétique de réserve.
L'amidon de blé se visualise au microscope sous forme de granules, qui sont un enchaînement de molécules de glucose, dans une structure linéaire (amylose) ou ramifiée (amylopectine).

Simplification de la structure moléculaire de l'amylose / de l'amylopectine

| Amylose | Amylopectine |
|---|---|

Généralement, l'amylose représente environ 27% de l'amidon total, et l'amylopectine 73%.

## 1.4.2 Les réactions des glucides :

### 1.4.2.1 Au contact de l'eau :

#### *1.4.2.1.1 Le cas du saccharose :*

**Les glucides saccharose** se dissolvent dans l'eau (leur solubilité est d'autant plus élevée que la température augmente).
Exemples[64] :

| Température (0°C) | Solubilité du saccharose en g pour 100 g d'eau |
|---|---|
| 0 | 179,2 |
| 10 | 190,5 |
| 20 | 203,9 |
| 30 | 219,5 |
| 40 | 238,1 |
| 50 | 260,4 |
| 90 | 415,7 |
| 100 | 487,2 |

| Sucres | Solubilité en g pour 100g d'eau à 20°C |
|---|---|
| Sucre inverti | 500 |
| Fructose | 375 |
| **Saccharose** | **204** |
| Glucose (hydraté) | 107 |
| Maltose (hydraté) | 83 |
| Lactose (hydraté) | 20 |

*Applications : Fabrication d'un sirop, Opération de blanchiment des jaunes d'œufs avec le sucre …, mélange systématique du sucre dans l'élément liquide dans la fabrication des pâtes, …*
*A l'inverse, le sel ou le sucre ne sont pas solubles dans la matière grasse (exemple des beurres salés avec cristaux de sel). Ce principe d'incorporer dans la matière grasse du sel ou du sucre à une granulation perceptible en bouche peut être appliqué en cuisine comme en pâtisserie.*
.
Le sucre est dit « **hygroscopique** », c'est-à-dire qu'il a tendance à absorber l'humidité de l'air, et par extension l'eau à son contact. Ainsi, il peut capter et retenir l'eau au contact d'un composé protidique ou lipidique (provoquant leur dessèchement en surface, pouvant être irréversible).
*Applications : il est conseillé de mélanger vivement le sucre aux jaunes d'œufs pour éviter un contact prolongé du sucre sur les jaunes et leur dessèchement en surface ; il est de même conseillé de ne pas placer en contact direct le sucre avec la levure biologique pour éviter de la déshydrater au risque de nuire à ses propriétés fermentescibles (cas d'une poolish, dans la fabrication de pâtes levées fermentées, mélange de levure biologique – d'eau et de farine).*

#### *1.4.2.1.2 Le cas des autres sucres :*

Dans le cas spécifique des édulcorants de masse (ou polyols), dérivés des glucides amidons :
A noter la grande solubilité de certains polyols par rapport au sucre de référence :
Exemple de solubilité (mesure à 37°C, données en g/100ml d'eau) : Sorbitol : 334 ou Xylitol : 256 comparativement au saccharose : 229
Le sorbitol est un hydrophile puissant (capacité du sorbitol d'absorber et de fixer l'eau d'une fabrication fort pouvoir hygroscopique). Par cette propriété, le E420 sorbitol permet :
- le maintien du moelleux dans les fabrications
- la limitation du développement des moisissures en réduisant l'aw (effet dépresseur d'aw)
- de stabiliser la fabrication, notamment dans le cas d'une conservation au froid négatif

*Applications en biscuiterie – pâtisserie : conservateur de la fraîcheur des cakes, macarons, madeleines, pains d'épices, pains de gênes, roulés, de Savoie, etc...*
*Application en confiserie : le sorbitol maintient l'humidité dans les ganaches –pâte d'amande – pralinés – gommes – guimauves – pâtes de fruits, …, et apporte une texture particulière : une élasticité, une longueur en bouche*

[64] Fiche Précis technologique – Sucres et saccharose, Plateforme de travail collaboratif Pâtisserie – www.extrasucre.org

*A noter la chaleur de dissolution fortement négative des polyols par rapport au sucre de référence :*
*Exemple de chaleur de dissolution, données en cal/g :*
*Xylitol : -34,8, Mannitol : -30, Sorbitol : -28, Maltitol : -16,3, comparativement au saccharose : -4,3.*
*Effet rafraichissant maximal pour le xylitol et le maltitol lors de leur dégustation étant donné qu'ils combinent les plus faibles chaleurs de dissolution à des solubilités les plus élevées.*

#### *1.4.2.1.3 Le cas des glucides de réserve :*

**Les glucides de réserve**, quant à eux, se différencient par leurs réactions au contact de l'eau :
- **l'amidon de blé est insoluble** dans l'eau ;
- **les fibres** présentent une aptitude variable suivant la configuration des chaînes qui les composent (la cellulose, comme la lignine est insoluble dans l'eau).
- **la pectine** ne s'amollit pas au contact d'une eau calcaire.

L'insolubilité relative de l'amidon à des températures froides voire tièdes tient à la structure même des granules d'amidon : les granules des chaînes d'amylose se présentent sous une forme cristalline, ce qui a pour effet de restreindre leur affinité pour l'eau. Si les chaînes d'amylopectine diffèrent de celles d'amylose par leur forme ramifiée dite amorphe (accessibles à l'eau notamment), elles présentent de même dans leur structure linéaire une forme cristalline qui diminue leur aptitude à s'hydrater. Ainsi, à des températures froides et tièdes (notamment inférieures à 50°C), les granules d'amidon s'hydratent très partiellement, et par différence de densité, on assiste à la formation d'un liquide blanchâtre appelé « lait d'amidon » au fond du récipient de mélange ; l'amidon est dit « en suspension » dans l'eau.
NB : **La suspension** correspond à la présence visible de particules solides dans un élément liquide.
Par contre, certains amidons (notamment : l'amidon de maïs, la fécule de pommes de terre) sont solubles à froid.
D'autres amidons (notamment les amidons transformés : exemple des amidons pré gélatinisés) sont de même solubles à froid (ils sont dits : « amidon instantané à froid »).
*Exemple de la poudre à crème à froid.*
Dans le cas spécifique du **contact de l'eau avec l'amidon** (cas de la fabrication des pâtes par exemple), et au cours du pétrissage, l'eau en se diffusant entre les particules d'amidon, permet progressivement de les dissocier, libérant les chaînes d'amylose et d'amylopectine, et concourt à la cohésion de l'ensemble.

Dans le cas des fibres[65], il est à noter que certains polyosides composant la farine (notamment de l'albumen du blé) sont solubles, et interviennent à hauteur de 25 à 30% dans l'hydratation des pâtes à base de farine de blé (ces valeurs augmentent avec la farine de seigle). Cette aptitude à l'hydratation des pâtes apportées par ces fibres conditionne la tenue, l'extensibilité et le développement des pâtes.

Dans le cas de la pectine, les ions calcium présents dans une eau calcaire interagissent avec la pectine et limitent fortement son amollissement au contact de l'eau.

*Exemple : des légumes secs mis à tremper ou cuits dans une eau calcaire ne s'hydratent pas et restent dures malgré un temps de cuisson prolongé.*

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

[65] « Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits », Volume 2 (Technologie des produits alimentaires), de Romain Jeantet / Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006 – pages 147-148

### 1.4.2.2 Au contact de sel et/ou de sucre :

La structure de la membrane des cellules végétales au contact de sel ou de sucre est fragilisée ; ce ramollissement caractéristique de la cellulose constitutive des végétaux résulte de la propriété d'hygroscopicité du sel et du sucre au contact de l'eau, et de phénomènes d'osmose qui en résultent.

*Application : confisage des fruits, dégorgement des légumes (concombre, …), …*

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

### 1.4.2.3 Au contact d'un alcool :

Le saccharose est insoluble dans l'alcool.
*Application : pour procéder au mélange alcool – sucre, dissoudre au préalable le sucre dans de l'eau (sirop).*
Par contre, le E953 isomalt est soluble dans l'éthanol.

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

### 1.4.2.4 Au contact d'enzymes : MISE A JOUR 25 JUILLET 2008

Des enzymes (telles les amylases) agissent comme substrat des réactions de dégradation de l'amidon de blé :
les amylases naturellement présentes dans la farine, participent à la dégradation d'une partie de l'amidon de blé par hydrolyse en maltose (sucre fermentescible).
*Devenir du maltose : dégradation du maltose par la levure, avec production de gaz carbonique et d'alcool (sous forme d'éthanol), et poussée fermentaire (lors du pointage, de l'apprêt et au début de la cuisson).*
Elles agissent aussi comme substrat des réactions de dégradation des sucres simples présents naturellement et en quantité limitée dans la farine : action des levures sur les sucres simples présents dans la farine directement fermentescible par la levure.

Par ailleurs, d'autres enzymes (type pectinase) hydrolysent les liaisons pectiniques et freinent la formation de gel de pectine. Des enzymes pectinolytiques sont présentes dans certains fruits (exemples : tomate, orange, …).

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |

| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| --- |
| |

#### 1.4.2.5 Au contact d'un acide : MISE A JOUR 26 AVRIL 2008

Les glucides amidon peuvent être partiellement hydrolysés par un acide[66] ; le niveau d'hydrolyse est d'autant plus important avec une concentration forte d'acide, un couple temps / température élevé.
Application : l'ajout de fromage râpé (pH acide) doit intervenir au dernier moment dans la fabrication d'une sauce Mornay, d'un appareil à soufflé, … au risque de provoquer un relâchement excessif de la liaison à l'amidon et une liquéfaction du gel.

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
| --- |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

#### 1.4.2.6 Au contact de l'air : le brunissement enzymatique MISE A JOUR 25 AVRIL 2008

Les glucides de réserve et de structure (notamment l'amidon, la cellulose) peuvent subir **un brunissement enzymatique** au contact de l'air (de l'oxygène en l'occurrence), à la suite d'opérations et/ou traitements divers (manipulations, épluchage, taille, …), lesquels dégradent la structure végétale externe et provoquant la libération de l'eau de constitution et l'activation des enzymes (oxydases) naturellement présentes dans les végétaux. Le phénomène conduit à un changement de couleur caractéristique du produit (pigments bruns ou noirs, désignés généralement sous le terme de mélanines).
*Exemple : Brunissement caractéristique des fruits et des légumes : pomme, poire, banane, avocat, …, champignons, pommes de terre, …) après épluchage et conservation à l'air libre.*
*Pour information, nature des composés phénoliques responsables du brunissement enzymatique[67] :*
- *le pyrocatéchol, la dopamine responsables du brunissement de la banane*
- *l'acide chlorogénique présent dans les pommes, les poires et les pommes de terre à l'origine des pigments bleu-noir*

Il concerne majoritairement les végétaux (notamment ceux riches en composés phénoliques) ; toutefois, le brunissement enzymatique peut être observé lors du stockage de certains crustacés (notamment crevette, crabe, homard).
Si le brunissement enzymatique est généralement non recherché, car portant atteinte aux qualités organoleptiques (transformation de la couleur, développement d'amertume et d'astringence, …) et nutritionnelles des produits, il peut être aussi recherché : exemples des graines fermentées de cacao et de café, de la maturation des fruits secs (pruneau, raisin, …), …[68]

**Pour limiter le phénomène de brunissement enzymatique, plusieurs techniques sont à la disposition des professionnels :**
- la rédaction d'un cahier des charges précis, notamment sur la qualité des matières premières recherchées, leurs conditions de transport, de manutention, de stockage ;
- le recours à des agents antioxygènes naturels, comme l'acide ascorbique (il convient de noter que l'acide

[66] « Comprendre la cuisine pour mieux la maîtriser », Editions BPI, Dominique Béhague, 2ème trimestre 1991
[67] « Alimentation et processus technologiques », Edition Educagri, Alain Branger – Marie – Madeleine Richer – Sébastien Roustel, 2008, page 139
[68] « Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits », Volume 1 (Stabilisation biologique et physico-chimique), de Romain Jeantet / Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006 – page 143

ascorbique appartient à la famille des additifs, et donc soumis à une DJA).

D'autres agents antioxygènes existent à l'état naturel : les tocophérols (la vitamine E) dans l'huile d'olive vierge, les tocophérols et carotènes dans le chocolat

En outre, des recherches ont prouvé l'activité antioxydante[69] des extraits de plantes aromatiques : romarin, sauge, girofle, gingembre et benjoin.

- le recours à un traitement thermique (blanchiment, pasteurisation, stérilisation), permettant d'inactiver les enzymes responsables du brunissement enzymatique. Toutefois, il faut noter que cette technique modifie profondément les caractéristiques organoleptiques des matières, et ne peut être donc pas être retenue comme solution universelle.
- le choix de techniques agissant sur l'oxygène, en limitant son accès aux tissus végétaux pour inhiber le phénomène de brunissement enzymatique
    - l'immersion dans des solutions légèrement sucrée ou salée, ou à pH acide (exemple : eau + acide citrique)
    - la conservation sous-vide ou sous atmosphère contrôlée

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

### 1.4.2.7 Au contact de la température :

#### *1.4.2.7.1 Avant propos : les températures de cuisson[70]*

| POINT DE CUISSON | T° A COEUR | EXEMPLES |
|---|---|---|
| CUISSON *« al dente »* | **90°C** | Artichauts |
| | **> 85°C** | Légumes / Fruits riches en pectine |
| | **> 80°C** | Légumes riches en amidon |

La t° de **85°C** est une t° minimale à atteindre dans le cas des produits riches en cellulose

#### *1.4.2.7.2 La fusion :*

La **fusion** correspond à l'action de la température sur les glucides sucre, leur permettant de passer d'un état solide (cristallisé) à un état liquide.

Les sucres simples (type glucose) fondent à partir de 130 – 140°C[71] ; la température de fusion du saccharose est quant à elle d'environ 180°C[72], l'isomalt de l'ordre de 145 – 150°C.

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |

[69] « Casseroles & éprouvettes », Hervé This, Editions Belin – Pour la science, « Les agents antioxygènes » page 110
[70] Fiche Précis technologique – Sous vide, Plateforme de travail collaboratif Pâtisserie – www.extrasucre.org
[71] « Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits », Volume 2 (Technologie des produits alimentaires), de Romain Jeantet / Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006 – page 159
[72] Le sucre – applications alimentaires, documentation CEDUS, 1990

| |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

### 1.4.2.7.3 ***La dextrinisation :***

La **dextrinisation** correspond à l'action de la température sèche sur les glucides amidon, qui lui confère davantage de digestibilité et de solubilité.
Une réaction prolongée de la température sur l'amidon provoque : la caramélisation, et stade ultime : la carbonisation.

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

### 1.4.2.7.4 ***La caramélisation :***

**La caramélisation** est un phénomène correspondant au changement de couleur consécutif à une dégradation des glucides – saccharose au contact d'une source de chaleur importante (dissociation du saccharose en glucose et fructose lors de la réaction de caramélisation avec formation d'oligosaccharides par recombinaisons multiples : glucose – glucose, glucose – fructose, …).
*Exemple :* un sirop de sucre change de couleur au fur et à mesure de l'augmentation de la chaleur : *entre 140 et 160°C (caramel jaune clair), entre 160 et 190°C (caramel brun - jaune), à partir de 200°C (caramel brun foncé), au-delà de 300°C (carbonisation)*[73]
La caramélisation constitue une **réaction de brunissement non enzymatique**.

Par contre, il convient de noter que certains sucres ne participent pas aux réactions de brunissement non enzymatique :
- le sorbitol
- l'isomalt

| |
|---|
| Applications : Absence de coloration des pâtes dans lesquelles le sorbitol ou le maltitol est ajouté : pour compenser cette absence de réaction à la température, les recettes prévoient des sucres réducteurs ou d'autres sources de coloration. |

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

[73] « Les propritétés physiques et chimiques du saccharose », Dossier CEDUS avec la collaboration de l'Université de Reims (professeur : M. Mathlouthi)

### 1.4.2.7.5 Les réactions de Maillard[74] :

Elles désignent un ensemble complexe de réactions résultant d'une interaction entre les glucides (les sucres réducteurs) et les protéines (les acides aminés), provoquant la formation de pigments bruns ou noirs (mélanoïdes), et de substances volatiles et sapides influençant fortement les qualités sensorielles d'un produit.
Les réactions de Maillard sont des **réactions de brunissement non enzymatique.**

*Exemples : Torréfaction du cacao, coloration de la croûte de pain, élaboration de la bière – du vinaigre balsamique, du whisky, … dans certains fromages comme les pâtes pressées cuites.*

Les facteurs influençant les réactions de Maillard sont notamment :

- la nature des substrats : la présence de sucres réducteurs (comme les monosaccharides type glucose, fructose, galactose), certains diholosides réducteurs comme le lactose ou le maltose, la nature des acides aminés.

*NB : à noter que le saccharose est un diholoside non réducteur, donc ne participant pas à la réaction de Maillard sauf si il est au préalable hydrolysé (sucre inverti). Par contre, le saccharose, tout comme l'ensemble des sucres réducteurs ou non réducteurs, participe aux réactions de brunissement non enzymatique en se dégradant au contact de la chaleur (réactions de caramélisation).*

- la température et le temps (intensité du brunissement d'autant plus importante que le temps et le la température sont élevés) ;
- la teneur en eau (effet inhibiteur de l'eau dans les réactions de Maillard) ;
- d'autres facteurs jouent un rôle dans les réactions de Maillard : la valeur du pH (conditions favorables : entre pH 6 et pH 10), la présence d'activateurs ou d'inhibiteurs…

Par contre, il convient de noter que certains sucres ne participent pas aux réactions de brunissement non enzymatique :

- le sorbitol
- l'isomalt

*Applications : Absence de coloration des pâtes dans lesquelles le sorbitol ou le maltitol est ajouté : pour compenser cette absence de réaction à la température, les recettes prévoient des sucres réducteurs ou d'autres sources de coloration.*

*Nouvelles applications proposées par Hervé This :*
*Le principe est de combiner des sucres avec des protéines : l'idée en cuisine pourrait être de combiner des sucres naturels (exemple du jus de carotte) et des acides aminés (jus de viande) pour produire une sorte de demi-glace de carotte (par une réduction lente de l'ensemble).*

*Passer la farine blanche sous une salamandre pour la torréfier (et lui donner une saveur nouvelle, proche du chocolat.ou d'autres produits torréfiés) ; cette torréfaction correspond à une combinaison entre l'amidon et les protéines de la farine sous l'action de la température. Cette farine peut alors être utilisée dans la fabrication par exemple de pâtes friables …*

*NB : à noter que d'autres réactions de brunissement non enzymatique existent en alimentation, qui ne peuvent être classées dans la catégories des Réactions de Maillard : exemple des réactions chimiques intervenant au cours de la madérisation d'un vin.*

En outre, il convient de noter que les réactions de Maillard conduisent à la formation de substances antinutritionnels voir potentiellement toxiques comme les mélanoïdines[75] ; par ailleurs, il est aussi reconnu qu'elles peuvent entraîner la formation de molécules antioxydantes, bénéfiques pour l'organisme.

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |

[74] du nom d chimiste français qui a découvert cette réaction en 1912 : Louis-Camille Maillard
[75] « Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits », Volume 1 (Stabilisation biologique et physico-chimique), de Romain Jeantet / Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006 – page 137

| |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

### *1.4.2.7.6 La gélatinisation :*

La gélatinisation des glucides amidon correspond au processus d'hydratation des grains d'amidon sous l'action de la température et en présence d'eau.
Ce processus de gonflement irréversible peut se décomposer ainsi :
- à partir de 55 – 60°C, infiltration et absorption de l'eau jusqu'à 30 fois le volume des grains d'amidon ;
- rupture de l'enveloppe des grains d'amidon et libération de ses deux composés : l'amylose et de l'amylopectine ;
- formation d'un empois d'amidon (le terme **« empeser »** correspond à l'intégration à chaud des molécules d'eau dans les grains d'amidon, provoquant une dissolution des molécules d'amylose et une désorganisation des cristaux d'amylopectine piégeant l'eau, conduisant à un gonflement considérable des grains)
- augmentation de la **viscosité** de la solution (la température de viscosité maximale est atteinte à 80 - 95°C).

A noter[76] : la température de gélatinisation est fonction de la nature de l'amidon ainsi que de la taille de ses granules : Amidon de blé : 52 à 64°C, Manioc 52 à 64°C, Pomme de terre 56 à 69°C, Maïs 62 à 74°C, Sorgho 68 à 75°C
*NB : le phénomène d'empesage et de gonflement est maximum dans le cas où la teneur en eau est suffisante (ce qui n'est pas le cas des produits de boulangerie par exemple).*

NB : le flottement en surface des grumeaux résulte de la fixation d'air lors de l'empesage des grains d'amidon. Hervé This précise dans son ouvrage « De la science aux fourneaux »[77], comment il est possible en laboratoire de limiter la formation de grumeaux dans un liquide. Il emprunte au domaine de la Physique (la théorie des « transitions de percolation ») le rôle que peuvent jouer des ingrédients qui ne gélatinisent pas au contact de l'eau chaude (tels du sucre, du sel, du glucose, de l'acide tartrique) mélangés au préalable avec la farine.

La viscosité de l'empois est fonction :

- du type d'amidon et plus exactement du rapport amylose / amylopectine de l'amidon utilisé (selon la nature de l'amidon, il se forme un gel colloïdal plus ou moins épais et opalescent),
- du couple temps / température ;

plus un amidon gonfle, plus la viscosité décroît (« relâchement » de l'empois) lorsque le traitement thermique est accentuée
**A noter :** la conduction limitée de la température au cœur d'un empois d'amidon : le point d'ébullition d'une solution liée à l'amidon est très inférieure à 100°C

| |
|---|
| *Application : Le GBPH indique un temps d'ébullition minimum de la crème pâtissière de 1mn 30 minimum après l'apparition de la première ébullition, pour atteindre 90°C à cœur) : ce couple temps / température indispensable pour pasteuriser la crème et éliminer d'éventuelles bactéries pathogènes, s'explique par la viscosité épaisse de la crème et la conduction lente de la chaleur au cœur du produit).* |

- de la présence ou non d'un acide (action de l'acide sur les chaînes de glucose, provoquant des ruptures des chaînes glucidiques et la liquéfaction de l'empois)

*Applications : utilisation de jus de fruits acides (dans le cas d'une crème chiboust au citron, …), ajout du fromage (acide) en finition dans l'appareil à soufflé, ajout du vinaigre en finition dans les sauces acides, …*

- de l'action mécanique : exemple de l'agitation mécanique au fouet ou au cuiseur à crème qui a une incidence sur

[76]« Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments », de Jean-Claude et Henry Cheftel, Technique et Documentation – Editions Lavoisier, volume 1 – Septembre 1992
[77] « De la science aux fourneaux », Hervé This – Editions Belin *Pour la science*, mai 2007, page 73

la viscosité de la crème.

L'aspect de l'empois est en outre fonction de la nature de l'amidon : opaque pour la farine, translucide laiteux pour la fécule, translucide pour la crème de riz et la maïzena
*Applications*[78] *: le choix du type d'amidon est fonction du type de sauce :*
- *brune : fécule, crème de riz*
- *blanche : farine, maïzena*

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
| --- |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

### *1.4.2.7.7 La gélification par l'amidon :*

**Un gel** est défini par les physiciens comme une dispersion d'un liquide dans un solide[79]
Les exemples dans les métiers de l'Alimentation ne manquent pas : blanc d'œuf, confiture, sauce, sirop,…mais aussi les tissus animaux ou végétaux (viande, poisson, fruit, légume, …) étant donné leur composition riche en eau.
Hervé This propose de classer les gels en deux grandes catégories :

- **les gels réversibles** (exemple : gel à partir de protéines type gélatine ou protéines d'œufs floculées, à partir de glucides type agar-agar), se distinguant par la capacité de ses composants (ex : les molécules de gélatine dans le cas d'une gelée) de se lier ou de se délier selon la température en raison de leur type de liaison assuré par des forces physiques faibles ;
- **les gels irréversibles** (exemple : gel à partir de protéines type protéines coagulées, à partir de glucides type alginate), se différenciant des autres gels par la nature de leur liaison chimique, forte.
- **les gels bivalents** (réversibles – irréversibles), cas des gels formés à partir de glucides type pectine (thermoréversible ou non thermoréversible) ou encore d'amidon.

Dans le cas de l'amidon, la **gélification** est le **processus survenant au cours du refroidissement**, consécutif à la réorganisation des macromolécules d'amylose et d'amylopectine en une structure tridimensionnelle instable (phénomène de cristallisation de l'amidon). On assiste à un raffermissement et à une rigidification de l'amidon, conduisant à la formation d'un gel uniforme.

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
| --- |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

[78] A partir d'un document de Jeanne Cassagne – Vernières, formatrice ENNA – IUFM Midi-Pyrénées
[79] « De la science aux fourneaux », Hervé This – Editions Belin *Pour la science*, mai 2007, page 72

### *1.4.2.7.8 La gélification par d'autres hydrocolloïdes : MISE A JOUR 13 MAI 2008*

Par autres hydrocolloïdes, il faut entendre :

- les exsudats d'arbre type gomme arabique et adragante ;
- les extraits de micro-organismes type gomme xanthane ;
- les extraits de graine type : farine de caroube, de guar ;
- les extraits d'algue rouge type agar-agar, carraghénane ;
- les extraits d'algues brunes type alginate ;
- les extraits de végétaux type pectine (présence de pectine associée à à la cellulose et d'autres polysaccharides dans les parois végétales de la plupart des végétaux[80], à l'exception des céréales).

Ces hydrocolloïdes présentent tous la particularité d'être sous forme de poudre (présentation commerciale générale des hydrocolloïdes sous forme déshydratée), de gélifier des solutions, mais ils diffèrent par :

- leur mode d'emploi : Dissolution directe au contact du liquide, soit manuellement, soit mécaniquement (à l'aide d'un mixeur dans le cas des alginates par exemple) ; pré mélange de la pectine (pour disperser le produit sans grumeaux) avec d'autres ingrédients secs (généralement avec 3 à 5 fois son poids en sucre) avant de verser la préparation dans le liquide sous vive agitation en maintenant l'agitation jusqu'à dissolution complète
- les conditions de gélification : sous l'action de la température comme l'agar, ou de produits comme le sel de calcium dans le cas de l'alginate ; sous l'action de l'acide dans le cas de la pectine *(Composition de la pectine entre autres en groupes acide carboxylique, naturellement de charges répulsives : l'acidité du milieu permet de neutraliser les groupes acides par l'ajout d'ions H+, permettant un rapprochement des molécules de pectine des fruits[81]*

A noter : deux paramètres inhibant la gélification de la pectine : la présence de calcaire dans l'eau de cuisson et la faible quantité de sucre, agissant directement en ralentissant l'action de la chaleur sur la pectine (avantages du sucre d'augmenter la t° de cuisson et d'attirer les molécules d'eau concentrant alors les molécules de pectine).
NB[82] : Non formation de gel à moins de 50% de sucre et à un pH >4,5 – 5.

- leur réaction à la température : une fois gélifié, l'alginate est thermo irréversible (le gel à l'alginate ne se décompose pas sous l'effet d'une chaleur intense), le gel à l'agar est résistant jusqu'à une température de 80°C … ; la pectine jaune (pour confitures, pâtes de fruits, gelées …) est non thermoréversible à la différence de la pectine NH (pour nappage) thermoréversible[83], apte à se liquéfier à t° haute et à gélifier à t° basse.
- la texture de leur gel : l'agar-agar (gel clair ferme et cassant), les carraghénanes kappa (dissolution dans un liquide chauffé à plus de 70°C, gel stable à t° ambiante, légèrement opaque mais clair avec du sucre, cassant – rigide ou crémeux en présence de calcium (comme avec les produits laitiers…), les carraghénanes iota (gel élastique, clair, supportant la congélation), les gommes de Xanthane ou de Caroube (gel opaque, mais plus élastique et caoutchouteux), la pectine jaune (gel souple, mais ferme),
- leur réaction à l'acide : un milieu au pH acide provoque une perte plus ou moins importante du pouvoir gélifiant des hydrocolloïdes extraits d'algues.

Il faut mentionner le fait que la majorité de ces substances sont codifiées au niveau européen, et sont classés comme **additifs alimentaires**.

Ils sont classés dans la famille des stabilisants, épaississants et gélifiants ; ils sont utilisés dans les préparations laitières, les stabilisateurs de glaces et sorbets, les pâtes de fruits (pectine), …
Les stabilisants permettent le maintien d'un état physico-chimique à une fabrication. Ils comprennent les substances qui permettent de maintenir la dispersion homogène de deux ou plusieurs substances non miscibles dans une denrée alimentaire, les substances qui stabilisent, conservent ou intensifient la couleur d'une denrée alimentaire ainsi que les substances qui augmentent la capacité de liaison des denrées alimentaires, y compris la réticulation entre protéines

---

80 « Casseroles & éprouvettes », Hervé This, Editions Belin – Pour la science, « Fibres et confitures » page 150
81 Fiche Précis technologique – Les liaisons glucidiques (hors amidon), Plateforme de travail collaboratif Pâtisserie – www.extrasucre.org
82 « Chimie du petit déjeuner », Marie Terrien – Josette Fournier, Editions Culture et Techniques, Collection Formation, page 107
83 Se reporter à la fiche ci-dessus

permettant la liaison de morceaux d'aliments dans les aliments reconstitués

Les épaississants et les gélifiants élèvent la viscosité des fabrications, et gélifient à chaud et/ou à froid.
Parmi les stabilisants, épaississants et gélifiants, on trouve :

- origine naturelle :

E322 lécithines
E400 acide alginique
E401, E402 alginate de sodium, de potassium
E403, E404 alginate d'ammonium, de calcium
E406 agar-agar
E407 carraghénanes
E407a algues eucheuma traitées
E410 farine de graines de caroube
E412 gomme de guar
E413 gomme adragante
E414 gomme arabique
E415 gomme xanthane
E416 gomme karaya
E417 gomme tara
E418 gomme geliane
E425 konjac
E426 hémicellulose de soja
E440 pectines
E445 esters glycériques de résines de bois
E460 cellulose

- origine synthétique :

E405 alginate de propanol
E432 à E436 polysorbate 20 à 65
E442 phosphatides d'ammonium
E444 isobutyrate acétate de saccharose
E461, E463, E464 alkyles de cellulose
E465 méthyléthylcellulose
E466 gomme de cellulose
E468 carboxyméthylcellulose de sodium réticulée
E469 gomme de cellulose hydrolysée de manière enzymatique

**Quelques précisions sur les agents épaississants et gélifiants :**

<table>
<tr><th></th><th>CARACTERISTIQUES</th><th>MODE D'EMPLOI</th><th>APPLICATIONS</th></tr>
<tr><td rowspan="2">ALGINATES DE SODIUM (E401)<br><br><u>Exemples :</u> Algin (Gamme Texturas), Alginate de sodium (Kalys)<br><br><u>Réactifs :</u> Sel de calcium type Calcic (Gamme Texturas), Lactate de sodium (Kalys Gastronomie)<br><br><u>Correcteur d'acidité</u> : Citras (Gamme Texturas)</td>
<td>- <u>Origine</u> : algues brunes de la famille des Phaeophycées<br>- <u>Commercialisation :</u> sous forme de poudre blanche<br>- <u>Propriétés</u> :<br>Hydratation - solubilisation à froid dans une eau pauvre en calcium<br>Gélifiant à froid en présence d'acide et de chlorure de Calcium, dans un temps rapide (prise en gel sur toute la périphérie du produit au contact d'une solution de chlorure de calcium)<br><u>NB :</u> gélification d'autant plus complète que le temps de trempage est prolongé. Une fois gélifié, le produit est lavé dans un bain d'eau pour éliminer le chlorure de calcium en surface<br>Gel non thermoréversible<br>Insensible à la présence d'enzymes protéolytiques,<br>Sensible à un pH < 4 (pour des solutions à pH >4, la gamme Texturas propose un correcteur d'acidité, à dissolution rapide et à effet instantané : « Citras »)<br>Gel stable à chaud et à froid<br><br>- <u>Caractéristiques organoleptiques</u> :<br>Saveur et odeur neutres<br>Gel clair ferme, cassant et opaque</td>
<td><u>Dosage recommandé pour l'alginate :</u><br>2 g pour 200 ml de préparation finale<br><u>Dosage recommandé pour le sel de calcium :</u> 6 g dissout dans 200 ml d'eau<br><br>Si possible, mélanger au préalable l'alginate de sodium dans 3 à 5 fois son poids en sucre pour éviter la formation de grumeaux<br>Verser en pluie et sous agitation, dans la préparation à texturer, à température ambiante ou élevée. Mixer.<br>Réserver environ 1h (pour éliminer l'air pouvant avoir été incorporé<br>Dissoudre le sel de calcium dans l'eau, à froid<br>Préparer un récipient d'eau de rinçage (pour éliminer l'excès de sel de calcium)</td>
<td><u>SPHERIFICATION (création de sphères au cœur liquide)</u><br><u>Méthode de fabrication</u> :<br>- soit par trempage de la préparation contenant l'alginate dans une solution de chlorure de Calcium (méthode de réalisation des billes, perles, ravioles d'alginates),<br>- soit par pulvérisation d'une solution de chlorure de Calcium directement sur la préparation contenant l'alginate,<br>- soit par mélange rapide de la solution de chlorure de Calcium avec la préparation contenant l'alginate (liquide, purée, …) pour une prise en gel dans la masse (méthode de réalisation de fruits reconstitués, de gelées de vin, de thé, ..).<br>- soit par trempage d'un produit laitier contenant des sels de calcium dans un bain d'alginate de sodium (méthode de « sphérification inversée »)<br><br><u>AUTRES UTILISATIONS</u> (industrielles) : produits en poudre (crème pâtissière, …), produits restructurés (viande, fruit, …), produits laitiers (crème fouettée, crème dessert, …)</td></tr>
<tr><td colspan="3"><u>Exemple de recettes proposées par Kalys Gastronomie</u> :<br><u>Caviar, perles et ravioles :</u><br>Alginate de sodium : 2 g / Jus, sirop, … : 200 ml / Lactate de calcium : 6 g + Eau : 200 ml<br>Caviar, perles : dissoudre l' alginate dans le liquide, mixer. Préparer le bain de trempage (lactate de calcium + eau). A l' aide de la micropipette, faire tomber délicatement dans le bain de trempage. Rincer dans l' eau claire.<br>Ravioles : placer une cuillère (spéciale, à café …) dans le bain de trempage. Immerger le bout d' une pipette au<br>contact du creux de la cuillère et laisser sortir le mélange. Remplir la cuillère à ras bord.<br>Pour les sphérifications inversées : dissoudre de 2 à 4 g de lactate de calcium dans 200 ml de lait, tremper dans<br>un bain constitué de 2 g d' alginate dissout dans 200 ml d' eau ou autre liquide.<br><u>Fruits reconstitués (méthode de prise dans la masse</u>) :<br>Alginate : 2 g / Nectar(s) de fruits : 300 ml / Sucre : 20 g / Citron : ½ jus / Lactate de calcium : 6 g<br>Mélanger l' alginate avec le(s) nectar(s), le sucre et le citron. Mixer. Ajouter le lactate, et verser de suite dans un<br>récipient (pour obtenir une épaisseur régulière : 2 cm environ). Laisser prendre la gelée 2 heures. Démouler, découper en dés.</td></tr>
<tr><td>AGAR-AGAR<br>E406</td><td>- <u>Origine :</u> algues rouges de la famille des Rhodophycées</td><td>Utilisation à des doses très faibles : de 2 à 10 g par kg</td><td><u>RÉALISATION DE</u> :</td></tr>
</table>

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Exemples : Agar (Gamme Texturas), Agar (Kalys)* | - <u>Commercialisation</u> : sous forme de poudre<br>- Propriétés :<br>Acalorique<br>Hydratation à froid<br>Soluble à des températures élevées (à partir d'une température moyenne de 90-95°C)<br>Thermosensible : gélification à partir de 40 à 50°C<br>Gélifiant jusqu'à une température de 70°C (fluidification du gel vers 80°C)<br>Insensible à la présence d'enzymes protéolytiques,<br>Sensible à l'acidité du milieu (quantité d'agar-agar d'autant plus importante avec l'élévation de l'acidité du milieu) sensible à partir de 3,5<br>- <u>Caractéristiques organoleptiques</u> :<br>saveur et odeur neutres<br>gélification avec gel ferme, cassant, transparent, neutre, thermoréversible | de préparation finale<br><br><u>Dosage recommandé</u> : 2 g pour 200 ml de préparation finale<br><br><u>Mode d'utilisation</u> : si possible, mélanger au préalable l'agar-agar dans 3 à 5 fois son poids en sucre pour éviter la formation de grumeaux ; verser en pluie et sous agitation, dans la solution à texturer, de préférence à une température voisine de 90°C, ou en fin de préparation | **- Crèmes, mousses (Chantilly, …) chaudes ou froides**<br>**- Gelées chaudes (de fruits, de vin, …)**<br>**- Coulis et confitures** |
| *KAPPA CARRAGHNENANE*<br><br>*Carraghénane E407* | - <u>Origine</u> : algues rouges de la famille des Rhodophycées<br>- <u>Commercialisation</u> : sous forme de poudre, en 3 familles : Kappa, lota et Lambda<br>- <u>Substitut de</u> : la pectine, les oeufs, la gélatine<br>- <u>Propriétés :</u><br>Acalorique<br>Hydratation à froid<br>Soluble à des températures élevées (à partir d' une température moyenne de 70°C)<br>Gel thermosensible : gélification au refroidissement à partir de 40 à 50°C, fluidification du gel à partir de 50°C (excepté dans le cas où il est associé à des protéines de type oeuf, lait, viande, soja … ou des amidons : farine, féculents)<br>- <u>Caractéristiques organoleptiques :</u><br>saveur et odeur neutre<br>gélification avec gel ferme, de élastique à cassant (suivant la concentration en carraghénane), transparent, neutre, thermoréversible | <u>Dosage recommandé</u> :<br>de 2 à 10 g par kg de préparation finale<br><br><u>Mode d' utilisation</u> :<br>verser en pluie fine et sous agitation, dans la préparation à texturer, à une température supérieure à 70°C. | **<u>REALISATION DE :</u>**<br>**- Flan**<br>**- Aspic**<br>**- Mousse et Crème Chantilly**<br>**- Gelée**<br><br>*<u>Exemple de recette proposée par Kalys Gastronomie</u> :*<br>*Chantilly Chocolat*<br>*Eau : 350 ml*<br>*Crème fraîche 230 g*<br>*Chocolat : 120 g*<br>*Sucre : 30 g*<br>*Kappa Carraghénane : 2 g*<br>*Mélanger dans l' eau tiède le kappa, chocolat, crème et sucre. Porter à ébullition 2 mn. Débarrasser dans une calotte,, battre pour homogénéiser*<br>*Laisser prendre pendant environ 2 heures (au froid ou à t° ambiante). Foisonner (au mixeur, au batteur mélangeur, au siphon …).* |
| *GOMME DE GUAR E412* | - <u>Origine</u> : farine extraite industriellement de l' albumen de graines de légumineuses (Cyamopsis tetragonolobus), contenant un épaississant : le « guaran »<br>- <u>Propriétés :</u><br>Acalorique<br>Gélifiant (à chaud et à froid)<br>Hydrocolloïde (apport de viscosité améliore la rétention d' eau en glacerie)<br>- <u>Caractéristiques organoleptiques :</u><br>Epaississant, apport de moelleux aux fabrications (notamment aux préparations | <u>Dosage recommandé :</u><br>2 g pour 200 g de préparation finale<br><u>Mode d' utilisation :</u><br>Si possible, mélanger au préalable l' agar-agar dans 3 à 5 fois son poids en sucre pour éviter la formation de grumeaux<br>Verser en pluie fine et sous agitation, dans la préparation à texturer, à froid ou à chaud, de | **<u>REALISATION DE :</u>**<br>**- Sauces, gelées**<br>**- Soupes**<br>**- Pâte : à pain, biscuit, …**<br>**- Fabrications surgelées**<br><br>*<u>Exemple de recette proposée par Kalys Gastronomie :</u>*<br>*Coulis rapides*<br>*Gomme de guar : 2 g*<br>*Jus de fruit : 200 ml*<br>*Disperser la gomme de guar dans le jus, mixer. Servir le* |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | de pains et pâtisseries sans gluten) | préférence avec un ingrédient plus abondant dans la recette (farine, amidon). Mixer | *coulis froid ou chaud.* |
| *GOMME DE XANTHANE E415*<br>*Exemple : Xantana (Gamme Texturas), Gomme Xantane (Kalys Gastronomie)* | - <u>Origine :</u> farine synthétisée par des micro-organismes (fermentation aérobie de Xanthomanas campestris)<br>- <u>Propriétés</u> :<br>Acalorique<br>Soluble à froid<br>Rétenteur d' eau<br>Limite la recristallisation de l' eau en glacerie, freine le rassissement des pâtes<br>Epaississant à des doses très faibles<br>Très bonne stabilité en milieu acide<br>Stabilisation des systèmes complexes (Emulsion, mousse, …)<br>Diminution légère de la viscosité à chaud<br>- <u>Caractéristiques organoleptiques</u> :<br>Substitut de matières grasses et de sucres (apport de viscosité de moelleux et d' onctuosité: cas de la pâte à pain, à brioche)<br>- Substitut d' oeufs | <u>Dosage recommandé :</u><br>2 g pour 200 g de préparation finale<br><br><u>Dosage recommandé (glacerie)</u> :<br>0,2 g / litre de mix<br><br><u>Mode d' utilisation :</u><br>Disperser en pluie fine la gomme Xanthane sur le liquide · texturer, · froid et sous agitation | **<u>REALISATION DE :</u>**<br>**- Sauces (exemple : sauce salade),, mayonnaises, coulis**<br>**- Pâte à pain, brioche, …**<br>**- Fabrications allégées en graisses et sucres**<br>**- Fabrications dont la gomme Xanthane est utilisée comme substitut d'oeufs, de produits amylacés (sauces et produits laitiers, …)** |
| *GOMME DE XANTHANE E415*<br>*Exemple :*<br>*Gellan rapide (Gamme Texturas)* | - <u>Origine</u> : farine synthétisée par des micro-organismes (fermentation aérobie de Sphingomonas elodea)<br>- <u>Propriétés :</u><br>Hydratation à froid<br>Soluble à des températures élevées<br>Gel thermosensible (résistant à une température maximale de 70°C (gel chaud)<br>Sensible à la présence de sel dans la solution<br>- <u>Caractéristiques organoleptiques</u> :<br>- Gel ferme, découpe nette | <u>Mode d' utilisation :</u><br>Dissoudre dans la solution et chauffer à 85°C. Refroidir pour obtenir le gel. | *Recette de « tagliatelles » proposée par Albert & Ferran Adrià : 250 g de consommé non salé + 4,8 g de Gellan + safran.*<br>*Gélifier dans un plat creux, détailler en bandelettes.* |
| *METIL*<br>*(Gélifiant extrait de la cellulose des végétaux)*<br>*Gamme Texturas* | - <u>Commercialisation</u> : sous forme de poudre<br>- <u>Propriétés :</u><br>Gélification au contact de la chaleur<br>Epaississant à froid | <u>Mode d'utilisation</u> :<br>Mélanger à froid en agitant énergiquement et laisser refroidir en enceinte réfrigérée positive (t°>+4°C)<br>Chauffer ensuite le produit jusqu'à une t° de +55°C environ | |
| *CAROUBE (E410)* | <u>- Origine</u> : graines de légumineuses (caroubier), arbre du littoral méditerranéen<br>- <u>Propriétés :</u><br>Solubilisation après chauffage<br>Epaississant<br>Gélifiant en combinaison avec la gomme xanthane ou les carraghénanes | | *Utilisations industrielles : gels laitiers, glaces, …* |

*<u>Sources :</u> Gamme Texturas et Kalys (documentation commerciale).*

| LES PECTINES [84] | CARACTERISTIQUES | MODE D'EMPLOI | APPLICATIONS |
|---|---|---|---|
| **PECTINE NON THERMOREVERSIBLES** | **PECTINE JAUNE o**u PG 769S<br>Produit composé de pectine (E440) et de sels retardateurs (E337 et E452)<br>Gélification en milieu acide (ph 3,2 à 3,5) et très sucré ; Gélification non réversible par chauffage<br>Conservation dans un endroit frais et sec, DLUO 12 mois | Pâtes de fruits, confiseries gélifiées (*interdite dans les confitures)*, fourrages pour biscuiteries et pâtisseries | Dosage :<br>Pâtes de fruits : 1 à 1,2 %<br>Confiseries gélifiées : 1,6 à 1,8%<br>Teneur en ES :<br>> 70°Brix |
| | **PECTINE de pomme, Pectine RS** rapid set 150**, Pectine MRS** 150 (medium rapid set)**, Pectine MRS**<br>Produit composé de pectine seule (E440i)<br>Gélification en milieu acide (ph 2,8 à 3,1) et sucré ; Gélification non réversible par chauffage | Confitures, gelées et produits de fourrage | Dosage :<br>0,25 à 0,5%<br>Teneur en ES :<br>62 à 66°Brix |
| | **PECTINE 325 NH 95** Unipectine OF 605<br>Produit composé de pectine seule (E440ii) | Confitures allégées notamment | Dosage :<br>0,5 à 1,5 %<br>Teneur en ES :<br>40 à 50°Brix |
| | **SUCRE GELIFIANT type Vitpris, Confisuc, …**<br>Mix composé de pectine, sucre et acide | Spécialement réservé pour une utilisation dans la fabrication « familiale » de confitures et gelées. | Dosage :<br>1,5 à 3%<br>Teneur en ES :<br>62 à 66°Brix |
| **PECTINES THERMOREVERSIBLES** | **PECTAGEL** 843<br>PECTAGEL OF65<br>Mix composé de pectine et de carraghénane et d'autres additifs (E450, E341) | Sauces, nappages à froid, fourrages, glaces à 2 composants (marbrure) | Dosage :<br>0,3 à 1,5%<br>Teneur en ES :<br>50 à 70°Brix |
| | **PECTINE NH** nappage à pulpe (avec fruits) ou G 505S<br>**Pectine X58** ou OG305S<br>Substance utilisée comme agent texturant.<br>Produit composé de pectine (E440) et de sels retardateurs (E450 et E341)<br>Gélification en milieu acide (ph 3,6) et sucré (58 à 68%)<br>Epaississant et/ou gélifiant, Gélification réversible par chauffage<br>Conservation dans un endroit frais et sec, DLUO 24 mois | Produits de fourrage, nappage de pâtisseries aux fruits sans pulpe dit transparent (particularité de la X58 : très bonne tenue après une conservation au froid négatif), utilisation vers 50-55°C.<br>*Interdit dans les confitures* | Dosage :<br>0,8 à 1,5%<br>Teneur en ES :<br>50 à 65°Brix |

[84] D'après le document du Pôle de l'ENSP – Sylvia ARSAC et Mathieu Barriquault, dans Le journal du pâtissier – n°308, Mai 2006

Les industriels combinent souvent les hydrocolloïdes afin de modifier les textures, notamment dans les produits de Confiserie.

*Exemples[85] :*

| | | |
|---|---|---|
| *Modification de texture Applications en confiserie* | *gélatine + agar, pectine* | *texture courte et cassante* |
| | *gélatine + amidon modifié* | *texture moins élastique (ex : réglisse, …)* |
| | *gélatine + gomme arabique* | *texture dure et compacte* |
| *Applications dans les gelées* | *gélatine + carraghénane* | *Augmentation de la force de gel* |
| *Modification de Point de prise* | *gélatine + carraghénane* | *Diminution du temps de prise dans le cas des gelées* |
| *Modification de Point de fusion* | *gélatine + carraghénane* | *Augmentation du point de fusion de 30 à 53°C par l'ajoût de 10% de carraghénane à la gélatine* |
| Stabilisation, … | Complexe gélatine + amidon | Dispersion et dissolution facile + gélification rapide + structure stable résistant aux variations de t° |

*Autre exemple : extrait du site* http://www.texturaselbulli.com/FRA/

| | | |
|---|---|---|
| **Gélatine** | Moelleuse avec des laitages (froide ou chaude) | **Iota** |
| | Thermo-irréversible (ne se liquéfiera plus) | **Algin** + **Calcic** |
| | Ferme (froide ou chaude) | **Agar** |
| | Froide et très ferme | **Gellan** ou **Kappa** |
| | Chaude et très ferme (tagliatelle) | **Gellan** |
| | Sucrée comme une pâte de fruit | **Agar** |
| | Perles à la seringue | **Kappa** ou **Agar** |
| **Textures aériennes** | Air (froid ou chaud) | **Lecite** |
| | Air d'alcool pur | **Sucro** |
| | Écume froide | **Xantana** |
| | Écume chaude | **Metil** |
| | Écume crémeuse | **Xantana** |
| | Nuages chauds | **Metil** |
| **Émulsions** | D'eau et de graisses | **Glice** + **Sucro** |
| **Sphérification** | Basique | **Algin** (+ **Citras**) + **Calcic** |
| | Inverse | **Gluco** + **Xantana** + **Algin** |
| **Épaissir** | Sauce épaisse (à chaud ou à froid) | **Xantana** |
| | Purées épaisses à base de liquides | **Kappa** |
| | Liquides avec effets de suspension | **Xantana** |
| **Napper** | Produit à gel moelleux | **Iota** |
| | Produit à gel ferme | **Kappa** |
| **Autres emplois** | Correction du pH | **Citras** |
| | « Coller » des produits à chaud Metil | **Metil** |

85 Fiche Précis technologique – Gélatine et autres agents gélifiants, Plateforme de travail collaboratif Pâtisserie – www.extrasucre.org

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
| --- |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

### *1.4.2.7.9 La cristallisation :* MISE A JOUR SEPTEMBRE 2007

La **cristallisation** est la propriété des glucides sucre, des glucides amidon de former des cristaux lors de la conservation, par un phénomène de déstabilisation.

*NB : le terme s'applique de même pour les acides gras et l'eau, la cristallisation s'opérant dans ces cas sous l'action du froid.*
Comme pour les lipides, le procédé de cristallisation des glucides saccharose s'opère en deux temps :
- une première étape de nucléation (consistant en la formation de germes cristallins)
- une deuxième étape de croissance des cristaux.

**DANS LE CAS DE L'AMIDON**, la cristallisation porte le nom de **rétrogradation**.
Ce phénomène de rétrogradation s'opère par une scission entre les phases liquide et solide ; laissant s'échapper un exsudat de l'eau de constitution de la fabrication (**phénomène de synérèse**).
Dans d'autres cas (exemple le pain, toutes les fabrications à base de pâte : brioche, savarin, cakes, …), la rétrogradation s'opère lors d'une conservation prolongée des fabrications, processus accéléré en l'absence de protection enveloppant les fabrications : les produits sèchent progressivement sous l'effet de la vaporisation de son eau de constitution. Le terme de « rassissement » est utilisé pour désigner ce phénomène.

La stabilité du gel d'amidon lors de sa conservation est fortement dépendante :

- du temps de conservation : passé 48 heures de conservation au froid (négatif ou positif), la structure est particulièrement instable et selon le rapport amylose / amylopectine de l'amidon utilisé, l'amidon rétrograde plus ou moins rapidement

- du rapport amylose / amylopectine de l'amidon utilisé :

L'amylopectine a la capacité d'absorber une grande quantité d'eau à la cuisson, et est en grande partie responsable du gonflement des granules d'amidon.
Les granules d'amidon riches en amylopectine sont plus faciles à dissoudre dans l'eau à 95°C, que ceux qui contiennent beaucoup d'amylose. Les molécules d'amylopectine n'ont pas tendance à recristalliser, et possèdent de ce fait un pouvoir élevé de rétention d'eau, contrairement à celles de l'amylose qui rétrogradent plus rapidement. Les solutions d'amylopectine ne rétrogradent pas.

| **Céréales / Tubercules Produits** | **Amidon % de mat.sèche** | **Amylose % de mat.sèche** | **Amylopectine % de mat. sèche** | **Caractéristiques** |
|---|---|---|---|---|
| Blé | 65 - 70 | 20 | 80 | Viscosité moins élevée que l'amidon de maïs, stable au froid négatif |
| Maïs | 65 – 80 | 25 | 75 | Viscosité plus stable à des températures élevées (à ébullition) |
| Amylomaïs | 50 - 65 | 60 - 65 | - | |
| Maïs cireux *obtenu par modification génétique*<br><br>Amidon transformé*<br><br>Poudre à crème à froid ou à chaud (à base d'amidon transformé) | 60 – 70<br><br>Amidon transformé + épaississants et gélifiants (carraghénane, alginate de sodium, farine de caroube, gomme de xanthane) | 0 | 100 | Amidon plus apte à stabiliser l'eau, notamment en conservation au froid négatif<br><br>Forte utilisation en Industrie agro-alimentaire pour limiter les phénomènes de rétrogradation et de synérèse |
| Poudre à crème à chaud (généralement à base d'amidon de maïs) | Environ 97% d'amidon de maïs + arômes vanilline, éthylvanilline, colorants et parfois de sucre, de jaunes d'œufs déshydratés et épaississants autres qu'amidon (carraghénane, farine de caroube, …) | 25 | 75 | Viscosité élevée<br>Stable au froid pendant une durée limitée<br>Non stable au froid négatif (rétrogradation de l'amidon et phénomène de synérèse) sauf dans le cas d'une forte présence de matière grasse (exemple : 200g minimum au litre de lait dans le cas de la crème pâtissière) |
| Mélange farine / amidon de maïs | Moins de 30% de poudre à crème<br>Plus de 70% de farine | | | Stable au froid négatif (pas de phénomène de synérèse) |
| Riz | 75 – 90 | 15 – 35 | 65 - 85 | Gel translucide<br>Viscosité moins élevée |
| Pommes de terre | 60 - 65 | 23 | 77 | Forte viscosité à température basse (65°C)<br>Effet épaississant et nappant |
| Manioc (tapioca) | 80 - 85 | 20 | 80 | Gel translucide<br>Viscosité moins élevée |

** Selon l'AM du 2.10.97 (article 10, page 16265) source http://www.legifrance.gouv.fr/WAspad/UnTexteDeJorf?numjo=ECOC9700107A*
*Ne sont pas des additifs … (…)*

- *« la DEXTRINE blanche ou jaune, l'AMIDON torréfié ou dextrinisé, l'amidon modifié par traitement acide ou alcalin, l'amidon blanchi, l'amidon physiquement modifié et l'amidon traité au moyen d'enzymes amylolytiques »*

*Ces amidons sont exclus du champ d'application de la Directive CE 95-2 du 20 Février 1995 relative aux additifs alimentaires et sont désormais considérés comme des ingrédients alimentaires, c'est à dire qu'ils peuvent continuer à être utilisés dans la fabrication de denrées alimentaires dans les mêmes conditions que l'amidon.*
*Les Amidons modifiés sont des « substances obtenues au moyen d'un ou plusieurs traitements chimiques d'amidons alimentaires, qui peuvent avoir été soumis à un traitement physique ou enzymatique, et peuvent être fluidifiés par traitement acide ou alcalin ou blanchis ».*
*L'indication du nom spécifique ou du numéro CE n'est pas requise.*

Suite à la mise sur le marché d'organismes génétiquement modifiés (exemple avec les maïs), et afin de ne pas créer de confusion dans l'esprit du consommateur ou du professionnel, le terme « amidon modifié » est de plus en plus remplacé par celui « **d'amidon transformé** ».

**La transformation de l'amidon modifie par conséquent ses propriétés stabilisantes : l'amidon fixe davantage l'eau, et est stable même après une conservation au froid négatif.** Les amidons transformés sont fortement utilisés en Industrie agro-alimentaire pour limiter les risques de rétrogradation de l'amidon et de synérèse.

- de la présence ou non de matière grasse dans le cas d'une conservation de l'empois au froid : sous l'action du froid, la structure des granules d'amidon et d'eau se stabilise par la cristallisation de la matière grasse au froid.

*Exemple : quel que soit l'amidon utilisé, une crème pâtissière composée de plus de 200 g de beurre au litre de lait est stable en conservation au froid. Il convient de noter de même que l'ajout de matières (comme le beurre dans le cas de la crème mousseline, … ; la crème fouettée dans le cas de la crème princesse ou diplomate, …, la meringue italienne ou française dans le cas de la crème chiboust, …) permet de stabiliser la crème pâtissière, et facilite sa conservation au froid négatif dans le cas d'une production en différée*

- de la présence ou non de produits fixateurs d'eau (hydrophile), permettant de maintenir une partie de l'eau de constitution des fabrications et freinant par conséquent les phénomènes de rétrogradation de l'amidon et de rassissement dans le cas des pâtes battues (biscuit, génoise, …), des pâtes levées fermentées (brioche, …), des pâtes levées non fermentées (cakes, madeleines, …), ….

*Exemple du sucre inverti ajouté en remplacement de 5 à 10% du poids de sucre dans la fabrication de la pâte à cakes*
*Exemple des agents émulsifiants (E322 lécithine, E471 mono et diglycérides d'acides gras, E472 esters d'acides gras) fixant une partie de l'eau de constitution de la fabrication en la liant à des globules de matières grasses,*
*Exemple de l'édulcorant E420 sorbitol, particulièrement apte à retenir et à stabiliser l'humidité dans les fabrications dans lesquelles il est ajouté (exemple de la pâte à cakes).*

**DANS LE CAS DES GLUCIDES SUCRES**, le phénomène de cristallisation peut être désirée ou accidentelle (dépendant fortement de : la maîtrise des techniques, de la température, de l'humidité dans l'air).
*Applications* [86]*:*

- *Glucide saccharose :*
  - *Cristallisation désirée :*

*Fabrication du saccharose (par ensemencement) et du fondant*
*Fabrication des intérieurs liqueurs (cristallisation de l'enveloppe du bonbon liqueur à son contact avec l'amidon, déclencheur du phénomène de cristallisation).*
*Cas des fondants : Présentation du sucre à l'état semi cristallisé ; Cristallisation des fruits candi*

  - *Cristallisation accidentelle :*

*Cas du sucre « massé » (intervenant à la suite d'un refroidissement d'un sirop de sucre au contact d'impuretés, d'agrégats de sucre formés sur les parois du récipient de cuisson risquant d'ensemencer le sirop au refroidissement, …)*
*Cristallisation des bonbons de sucre cuit (berlingot, …) pendant leur stockage (à la suite d'une t° élevée entraînant une évaporation de l'eau des produits, ou dans le cas d'une humidité importante dans l'air ambiant)*
*Cas du fondant dont la t° à ne pas dépasser dans sa mise au point est de 37°C (le dépassement de cette t° plafond entraîne la fonte des petits cristaux de saccharose, ce qui conduit au refroidissement à une augmentation de la formation de gros cristaux rendant le glaçage mat).*

**La cristallisation peut être évitée** par l'adjonction de **matières anti-cristallisantes** (exemple du sirop de glucose, du sucre inverti, du sorbitol…voire des additifs de type E334 acide tartrique, E336 crème de tartre). Les agents anti-cristallisants agissent dans les fabrications en limitant le phénomène de cristallisation des molécules de saccharose. Ils agissent :

- sur le saccharose (réduction voire suppression de la formation de cristaux de saccharose par : augmentation de la viscosité du milieu, localisation des agents anti-cristallisants entre les molécules de saccharose, grande solubilité des agents anti-cristallisants)

[86] *La lettre de l'ENSP, Octobre – Décembre 1995*

- sur l'eau (limitation de la cristallisation de l'eau)

*<u>Applications :</u> Le graissage des sucres correspond à l'ajout d'acide tartrique ou de crème de tartre (ou de glucose) dans la cuisson des sucres pour empêcher leur cristallisation*

En pratique, il est courant de combiner les agents anti-cristallisants pour :

- réduire le risque de cristallisation sans augmenter notablement la viscosité du milieu : préférer dans ce cas un mélange de sorbitol et de sucre inverti (volume réduit de ces molécules) au lieu du sirop de glucose
- conserver des fabrications en limitant l'adsorption d'eau : éviter le sorbitol et le sucre inverti au pouvoir hygroscopique notable
- limiter le pouvoir sucrant d'une fabrication (pouvoir sucrant du sorbitol et du sirop de glucose moins intense que celui du sucre inverti)

  - *<u>Autre application</u> : en Glacerie*

*La teneur en extraits secs dans un mix à glace détermine en partie son équilibre, sa stabilité :*

- *en présence d'un excès de lactose, notamment apporté par des produits riches en extraits secs de type poudre de lait, le risque est **<u>la cristallisation du lactose</u>**, conférant à la glace une texture sableuse ;*
- *une quantité en extraits secs faible provoque le risque d'une **<u>cristallisation hydrique</u>** dans la glace (et la formation de paillettes).*

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
| --- |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

# 1.5 Étude des nutriments non énergétiques :

## 1.5.1 Les sels minéraux :

**Les sels minéraux** se classent en fonction de l'aspect quantitatif des besoins nutritionnels :

- les microéléments ou oligoéléments :

| | |
|---|---|
| IODE | Rôle dans le fonctionnement de la glande thyroïde<br>Présent dans les produits de la mer, sel, légumes durs comme navet, chou, … |

- les macroéléments :

| | |
|---|---|
| SODIUM | Double rôle fonctionnel : régulateur du niveau d'eau intra et extracellulaire, transport des nutriments et évacuation des déchets<br>Présent à l'état naturel dans certains produits (œuf, épinard, …), sel. |
| CALCIUM | Rôle important de constitution (squelette, dentition) et rôle fonctionnel (excitabilité neuromusculaire)<br>Présent dans les produits laitiers, légumes verts, fruits secs. |
| PHOSPHORE | Rôle de constitution (élément du sang, ADN, ATP,…)<br>Présent dans les produits animaux et féculents |
| MAGNESIUM | Rôle fonctionnel (agent du métabolisme des protides - glucides, et excitabilité neuromusculaire)<br>Présent dans les céréales, légumineuses, fruits de mer.. |
| FER | Rôle fonctionnel (rôle dans le sang de fixation de l'Oxygène)<br>Présent dans les germes de blé, abats, … |

Les sels minéraux, au contact de l'eau se **dissolvent** (obtention d'une solution « vraie »).

Le sel, comme le sucre, est dit « **hygroscopique** », c'est-à-dire qu'il a tendance à absorber l'humidité de l'air, et par extension l'eau à son contact. Ainsi, il peut capter et retenir l'eau au contact d'un composé protidique ou lipidique (provoquant leur dessèchement en surface, pouvant être irréversible).
*Applications : il est de même conseillé de ne pas placer en contact direct le sel avec la levure biologique pour éviter de la déshydrater au risque de nuire à ses propriétés fermentescibles : dégorger un légume consiste à éliminer par le sel une partie de son eau de constitution, …*

## 1.5.2 Les fibres :

**Les fibres** sont des nutriments non digestibles par le corps humain. Ils sont présents dans les végétaux (44% dans le son, 25% dans les haricots secs, …).

## 1.5.3 Les vitamines :

Les vitamines sont des substances indispensables au développement, à l'entretien et au fonctionnement de l'organisme, agissant à dose très faible. Les besoins en vitamines, aussi minimes soient-ils, nécessitent un apport indispensable dans l'alimentation, compte tenu de leur spécificité, non synthétisable en quantité suffisante par l'organisme.
Ils ont un rôle fonctionnel (agent des réactions chimiques internes), favorisant l'utilisation par l'organisme des protides – lipides – glucides et calcium.
Ils peuvent être classées suivant leur solubilité dans l'eau ou dans la matière grasse :

- **vitamines liposolubles** :

| | |
|---|---|
| **A**<br>*rétinol* | Rôle dans le mécanisme de vision et dans la croissance<br>Présente dans le beurre, œuf, foie d'animaux… |
| **Pro-vitamine A**<br>*carotène* | Présente dans les légumes colorés (carotte, épinard, …), fruits colorés (abricot, kiwi…), beurre, fromages |
| **D**<br>*D3 tocophérol* | Rôle de régulation dans le mécanisme du calcium et du phosphore<br>Présente dans poissons gras, œuf, … |
| **E**<br>*$\alpha$-tocophérol* | Rôle antioxydant (protection de la vitamine A) et dans le mécanisme du fer<br>Présente dans les germes de céréales, graines d'oléagineux |
| **K**<br>*K1 phylloquinone* | Rôle essentiel dans le mécanisme de la coagulation<br>Présente dans les légumes (épinard, chou), foie d'animaux, … |

- **vitamines hydrosolubles**

| | |
|---|---|
| **C**<br>*Acide ascorbique* | Rôle antivirale (synthèse d'anticorps) et de constitution des tissus de soutien (conjonctif)<br>Sensible à l'oxydation (protection par un pH acide)<br>Présente dans les agrumes, fruits, légumes non féculents, . |
| **B1**<br>*Thiamine* | Rôle dans le métabolisme des glucides et fonctionnement des muscles et tissus nerveux<br>Hypersensibilité à la chaleur<br>Présente dans les abats (foie), viande (porc), céréales (riz), légumes secs … |
| **B2**<br>*riboflavine* | Rôle dans le métabolisme des glucides et des lipides<br>Hypersensibilité aux rayons ultra-violets (lumière)<br>Présente dans les abats (foie), œuf, lait, viande, … |
| **PP ou B3** | Rôle dans la dégradation des molécules énergétiques<br>Substance relativement stable<br>Présente dans les abats (foie), viandes, poissons, céréales . |

*<u>NB</u> : à noter aussi l'existence d'autres vitamines hydrosolubles : P ou C2 - B5 – B6 – B12*

Les vitamines, notamment celles hydrosolubles réagissent de la manière suivante :

| | | | |
|---|---|---|---|
| **VITAMINES**<br>Hydrosolubles | Milieu aqueux | Dissolution | Perte des vitamines si le liquide de trempage est éliminé |
| | Oxygène | Oxydation | Perte de l'activité propre à la vitamine |
| | Energie thermique | | Hypersensibilité (vit. Thermolabile) |
| Vitamine B1 | Energie lumineuse<br>Oxygène<br>Energie thermique | | Perte de l'activité propre à la vitamine |
| Vitamines C, B2 | Agents chimiques (acide) | | Préservation de l'activité de la plupart des vitamines en milieu acide |

# 1.6 Des constituants de la matière vivante aux fabrications : étude de leurs interactions dans les systèmes dispersés :

## 1.6.1 Présentation schématique des matières premières : MISE A JOUR SEPTEMBRE 2007

Les denrées alimentaires sont souvent représentées schématiquement sous 3 états, de manière exclusive ou mélangée :

- solide,
- liquide,
- et/ou gazeux.

Dans un système mélangé, les particules solides, liquides ou gazeuses sont dispersées dans un élément solide ou liquide : on parle dans ce cas de **système dispersé**.

La logique du professionnel consiste à stabiliser les systèmes dispersés lors de leurs fabrications, et dans le temps lors de leur conservation. De cette stabilisation dépend le maintien des qualités organoleptiques des fabrications, et la réduction des altérations, qu'ils soient physiques, chimiques, biochimiques et plus encore microbiologiques.

Dans ce travail de description des mélanges menés dans les laboratoires de fabrication, sous l'angle des connaissances empruntés au domaine de la physique et de la chimie, il est important de relever un certain nombre de définition[87] de termes, dont certains sont aujourd'hui couramment utilisés en profession :

- « un **aérosol** est une suspension de particules très fines, solides ou, plus souvent, liquides, dans un gaz ;
- la **coagulation** est le phénomène par lequel un liquide organique se prend en une masse solide ou coagulum
- la **coalescence** en chimie est l'union des granules d'une solution colloïdale ou des gouttelettes d'une émulsion ;
- un **colloïde** est un système dans lequel des particules très petites sont en suspension dans un fluide (par opposition à cristalloïde) ;
- un **cristallisoir** en chimie est un récipient de laboratoire en verre épais, cylindrique et peu profond, utilisé notamment pour faire cristalliser les corps dissous ;
- un **cristalloïde** est un corps dissous pouvant être dialysé (par opposition à colloïde) ;
- une **dialyse** en chimie est la séparation des constituants d'un mélange, fondée sur la propriété que possèdent certains corps de traverser plus facilement que d'autres les membranes poreuses ;
- la **diffusion** en physique est le mouvement d'un ensemble de particules dans un milieu, sous l'action de différences de concentration, de température, … tendant à l'égalisation de ces grandeurs.
- une **émulsion** est la préparation obtenue par division d'un liquide en globules microscopiques au sein d'un autre liquide avec lequel il ne peut se mélanger ;
- la **floculation** en chimie et en physique est la transformation réversible que subissent les suspensions colloïdales par association des particules constituantes ;
- une **dispersion** en chimie est un solide, liquide ou gaz contenant un autre corps uniformément réparti dans sa masse ;
- **dissoudre** est l'action d'amener un corps solide, liquide ou gazeux à former un mélange homogène avec un liquide ;
- un **gel** en chimie est le mélange d'une matière colloïdale et d'un liquide qui se forme spontanément par floculation et coagulation ;
- une **osmose** est le transfert du solvant d'une solution diluée vers une solution concentrée au travers d'une membrane dite *permsélective ;*
- un **sol** est une dispersion colloïdale de particules dans un gaz (aérosol) ou dans un liquide ;
- un **soluté** en chimie est un corps dissous ;
- une **solution** est un mélange homogène présentant une seule phase, de deux ou plusieurs corps et,

[87] Dictionnaire Le petit Larousse, grand format, Editions 1996

particulièrement, liquide contenant un corps dissous ;
- un **solvant** est une substance capable de dissoudre un corps, et qui sert généralement de diluant ou de dégraissant ;
- une **suspension** en physique est l'état d'un solide très divisé, mêlé à la masse d'un liquide sans être dissous par lui ».

La classification que proposent Marie Terrien et Josette Fournier dans leur ouvrage « Chimie du petit déjeuner » [88] nous semble tout à fait judicieuse ; en effet, les auteurs proposent une matrice à double entrée :

- **une phase dispersée**
- et **une phase continue**

déclinées en 3 états : **solide, liquide et gaz**.

[88] « Chimie du petit déjeuner », Marie Terrien – Josette Fournier, Editions Culture et Techniques, Collection Formation, page 95

Les structures alimentaires dites « simples » procèdent par un mélange d'une phase dispersée dans une phase continue (comme le montre la matrice suivante) :

| | | PHASE DISPERSEE | | |
|---|---|---|---|---|
| | | *SOLIDE* | *LIQUIDE* | *GAZ* |
| PHASE CONTINUE | *SOLIDE* | **Suspension solide**<br>résultat de la dispersion de solide dans un solide<br><br>Exemple : | **Emulsion de type E/H**<br>résultat de la dispersion de liquide dans un solide<br>Exemple : la dispersion d'eau dans la matière grasse (cas du beurre ou de la margarine)<br><br>**Gel**<br>résultat de la dispersion de liquide dans un solide,<br>Exemple : les gels réversibles (à partir de protéine : gélatine, protéines d'œufs floculées, …, de glucide : agar-agar, …), les gels irréversibles (à partir de protéines coagulées, de glucides type alginate), les gels bivalents (réversibles – irréversibles) à partir de glucide type pectine thermoréversible ou non thermoréversible, ou d'amidon | **Mousse solide**<br>résultat de la dispersion de gaz dans un solide<br>Exemple : une meringue cuite |
| | *LIQUIDE* | **Suspension**<br>résultat de la dispersion de solide dans un liquide<br>Exemple : la dispersion d'amidon de blé dans le cas des pâtes liquides et semi liquides (pâte à crêpes à froid), la dispersion de la caséine (protéine aux propriétés tensioactives) dans la phase aqueuse du lait ou lactosérum<br><br>**Solution**<br>résultat de la dispersion de solide dans un liquide, et caractérisé par son aspect liquide<br>Exemple : le blanc d'œuf est une solution colloïdale, le sirop est le résultat de la dissolution de sucres dans un élément liquide, le lait reconstitué est le résultat de la réhydratation de lait en poudre dans de l'eau | **Emulsion de type H/E**<br>résultat de la dispersion de liquide dans un liquide avec lequel il ne peut se mélanger<br>Exemple : la dispersion de matière grasse dans l'eau (cas du lait, de la crème liquide)<br><br>**Emulsion concentrée de type H/E**<br>résultat de la dispersion de liquide dans un liquide avec lequel il ne peut se mélanger<br>Exemple : la dispersion de matière grasse dans l'eau (cas de la crème ganache, de la sauce mayonnaise)<br>NB : le terme « d'émulsion concentrée » résulte de la particularité de cette émulsion, tenant à la quantité réduite de la phase continue (l'eau) comparativement à celle de la phase dispersée (la matière grasse) | **Mousse liquide**<br>résultat de la dispersion de gaz dans un liquide<br>Exemple : un blanc en neige |
| | *GAZ* | **Aérosol solide**<br>suspension de solide dans un gaz<br>(Exemple : la fumée) | **Aérosol liquide**<br>suspension de liquide dans un gaz<br>(Exemple : le brouillard) | **Gaz** |

Mais, la majorité des structures alimentaires dans les métiers de l'Alimentation et de la Restauration sont dits « complexes », car associant plusieurs systèmes :

**LES PATES :**
SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION = pâtes friables (état cru)
SOLUTION + EMULSION + GEL = pâtes friables (état cuit)
SOLUTION + GEL + MOUSSE = oeillettes

SOLUTION + MOUSSE = meringue française (avant cuisson)
SOLUTION + MOUSSE + GEL = meringue suisse (après cuisson)
SOLUTION + MOUSSE + GEL = meringue italienne (après cuisson)
SOLUTION + MOUSSE + SUSPENSION = dacquoise (avant cuisson)
SOLUTION + MOUSSE + GEL = dacquoise (après cuisson)

SOLUTION + GEL = appareil à croustillant

(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION) + GEL = riz au lait (sans liaison)
((SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION) + GEL)+ GEL = riz au lait (pour fruits condé : appareil à riz au lait additionné d'un mélange de jaunes d'œufs et de sucre à chaud)
(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION) + GEL + (SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + MOUSSE) = riz au lait à la crème fouettée (appareil à riz au lait collé à la gélatine et allégé à la crème fouettée)
(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION) + GEL + (SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + GEL) = riz au lait (à la crème anglaise)
(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION) + GEL + (SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + GEL) + (SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + MOUSSE) = riz à l'impératrice (appareil à riz au lait additionné de crème à bavarois)

SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION = pâtes crémées (appareils à petits fours secs avant cuisson)
SOLUTION + EMULSION + GEL = pâtes crémées (petits fours secs après cuisson)

SOLUTION + GEL = pâte à choux à l'eau (avant cuisson au four)
SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + GEL = pâte à choux au lait (avant cuisson au four)
SOLUTION + GEL + MOUSSE = pâte à choux à l'eau (après cuisson au four)
SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + GEL + MOUSSE = pâte à choux au lait (après cuisson au four)

SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION = pâtes feuilletées (avant cuisson)
SOLUTION + EMULSION + GEL + MOUSSE = pâtes feuilletées (après cuisson)

(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION)+ SUSPENSION = pâtes à crêpes (avant cuisson)
(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION)+ GEL = pâtes à crêpes (après cuisson)
(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION) + MOUSSE + GEL = pâtes à blinis (après cuisson)
SOLUTION + MOUSSE + GEL = pâtes à frire à la bière (après cuisson)

SOLUTION + SUSPENSION = pâtes fraîches (avant cuisson)
SOLUTION + GEL = pâtes fraîches (après cuisson)

SOLUTION + SUSPENSION + MOUSSE = pâtes levées fermentées (avant cuisson)
SOLUTION + SUSPENSION + MOUSSE + GEL = pâtes levées fermentées (après cuisson)

SOLUTION + SUSPENSION + MOUSSE = pâtes levées non fermentées (type pâte à cakes avant cuisson)
SOLUTION + SUSPENSION + MOUSSE + GEL = pâtes levées non fermentées (type cakes après cuisson)

**LES CREMES :**
SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + GEL = crème anglaise
(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + GEL) + GEL = crème anglaise gélifiée

(SOLUTION + EMULSION+ SUSPENSION + GEL) + GEL + (SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + MOUSSE) = crème à bavarois (crème anglaise collée à la gélatine et allégée à la crème fouettée)
(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + GEL) + GEL + (SOLUTION + MOUSSE) = crème mousse (crème anglaise collée à la gélatine et allégée aux blancs montés)
(SOLUTION + EMULSION+ SUSPENSION + GEL) + GEL + (SOLUTION + EMULSION+ SUSPENSION + MOUSSE) + (SOLUTION + MOUSSE) = crème mousse bavaroise (crème anglaise collée à la gélatine et allégée à la crème fouettée et aux blancs montés)

(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + GEL) + (SOLUTION + MOUSSE) + GEL = appareils à soufflés chauds (sur base crème pâtissière allégée aux blancs d'œufs montés)
SOLUTION + (SOLUTION + MOUSSE) + GEL = appareils à soufflés chauds (à base de purée de fruits allégée aux blancs montés)

(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION) + GEL = appareil à crème prise (pour crème renversée, crème brûlée)
(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION) + SUSPENSION = appareil à crème prise avec amidon (avant cuisson)
(SOLUTION + EMULSION+ SUSPENSION) + GEL = appareil à crème prise avec amidon (après cuisson)

(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION) + GEL = crème pâtissière
(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + GEL) + GEL + (SOLUTION + MOUSSE + GEL) = crème Chiboust (crème pâtissière mélangée à chaud avec la gélatine et la meringue italienne chaude)
(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + GEL) + GEL + (SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + MOUSSE) = crème diplomate ou princesse ou madame (crème pâtissière collée à la gélatine et allégée à la crème fouettée)
(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + GEL) + EMULSION + MOUSSE = crème pâtissière mélangée au beurre et foisonnée
(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + GEL) + EMULSION + MOUSSE + (SOLUTION + MOUSSE + GEL)= crème pâtissière mélangée au beurre, foisonnée et allégée à la meringue italienne

(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION)+ MOUSSE = crème fouettée
(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + MOUSSE) + GEL = crème fouettée gélifiée

SOLUTION + GEL + MOUSSE = appareil à pâte à bombe

(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + GEL) + EMULSION + MOUSSE = crème au beurre sur base crème anglaise
(SOLUTION + GEL + MOUSSE) + EMULSION + MOUSSE = crème au beurre sur base meringue italienne
(SOLUTION + GEL + MOUSSE) + EMULSION + MOUSSE = crème au beurre sur base pâte à bombe au sirop de sucre cuit

SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION = crème d'amande (avant cuisson, avec poudre à crème)
SOLUTION + EMULSION + GEL = crème d'amande (après cuisson).
(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION) + (SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION + GEL) = crème frangipane (crème d'amandes additionnée de crème pâtissière)

SOLUTION + SUSPENSION + EMULSION = crème ganache
(SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION) + MOUSSE = ganache chantilly

**LES SAUCES, JUS & COULIS :**
SOLUTION + GEL + MOUSSE = sauce sabayon
SOLUTION = sauces au vin
SOLUTION + GEL = gelées (aux fruits, au vin)
SOLUTION + EMULSION + SUSPENSION = sauces au chocolat
SOLUTION + GEL + MOUSSE = sauces sabayon et SOLUTION + MOUSSE = sauces montées au beurre

#### 1.6.1.1 Effet sur les volumes, sur les masses :

Dans la réalisation d'une solution, le volume de la solution est en général plus petit que la somme des volumes des matières mélangées
*Exemple : le mélange d'un litre d'eau (1000 $cm^3$) et de 100 $cm^3$ de sel est inférieur à 1100 $cm^3$ mais plus grand que 1000 $cm^3$.*
La masse d'un mélange (solide, liquide, …) est égale à la somme des masses des matières mélangées.
*Applications : dans le calcul d'une recette, cette règle est déterminante pour calculer le poids du produit fini nécessaire par rapport au nombre de personnes fixé.*

#### 1.6.1.2 Effet sur la densité :

La **DENSITE** est le rapport de la masse d'un certain volume d'un corps à celle du même volume d'eau, d'air ou de gaz. Par convention, la densité de l'eau égale à 1.

La densité des acides gras est plus faible que celle de l'eau : les lipides surnagent à la surface de l'eau (l'huile est moins dense que l'eau, sa densité relative à l'eau est égale à 0,9, donc inférieure à 1).

*Exemple : vinaigrette après un temps de repos, beurre clarifié, …*

Dans le cas des gaz, la densité des gaz est toujours plus petite que l'eau (observation de la remontée des bulles de gaz non solubles dans l'eau). Les gaz ont des densités différentes entre eux : exemple de l'hydrogène moins dense que l'air, et du dioxyde de carbone plus dense que l'air). La densité de l'air évolue aussi en fonction de la t° : plus la t° augmente, plus la densité de l'air diminue.
Dans le cas de l'amidon de blé, à des températures froides et tièdes (notamment inférieures à 50°C), les granules d'amidon s'hydratent très partiellement, et par différence de densité, on assiste à la formation d'un liquide blanchâtre appelé « lait d'amidon » au fond du récipient de mélange ; l'amidon est dit « en suspension » dans l'eau.

*Exemple : le dépôt d'amidon au fond du récipient de la pâte à crêpes (ce qui explique la précaution de disperser régulièrement l'amidon de blé dans la pâte à crêpes pendant l'opération longue de cuisson).*

Les paramètres de variation de la densité sont :

- la **concentration en substances dissoutes** de l'élément liquide

*Expérimentation n°1 :*
*- Positionnement d'un œuf coquille au fond d'un récipient contenant de l'eau*
*- Positionnement de l'œuf à la surface d'une eau saturée en sel exemple avec 0,24 l et 0,080 kg de sel gros (formation d'un réseau eau – sel plus dense que l'œuf coquille, le repoussant à la surface)*
*Expérimentation n°2 :*
*- Réalisation de sirop à 10g de sucre par litre, 20g, … jusqu'à saturation - Immersion de fruits piqués*
*- Observation : flottement des fruits dans les sirops concentrés (augmentation de la densité d'un sucre avec la quantité de sucre dissous).*
*- Régulation du niveau de concentration en sucre d'un sirop compte tenu du degré de maturité du fruit en plaçant le fruit dans le sirop et selon son niveau, compenser par ajouter du liquide ou du sucre.*

- **la température** : abaissement de la densité d'un corps à une t° inférieure à 0

*Exemple : Flottement de la glace à la surface de l'eau avant sa fusion (Poids moléculaire de la glace plus petit que l'eau)*

## 1.6.2 Les phénomènes d'échange entre les milieux :

### 1.6.2.1 Le contact liquide - liquide : MISE A JOUR 26 AVRIL 2008

#### *1.6.2.1.1 La diffusion :*

Lors du contact entre deux liquides, s'opère le phénomène de **diffusion**, qui est un phénomène physique lié au passage de molécules de petite taille (exemple : ions, glucose, …) au travers d'une membrane (exemple : *membrane des tissus animaux ou végétaux*) du milieu le plus concentré vers le milieu le moins concentré tendant à l 'égalisation des concentrations.
De même, les molécules dites aromatiques (odorantes, sapides) diffusent dans les mélanges.

*Exemples : diffusion de carottes râpées dans l'eau, diffusion des substances colorées et aromatiques du thé en plaçant le sachet au contact d'eau chaude, diffusion de fécule de pomme de terre d'une pomme de terre tranchée dans l'eau, principe de diffusion appliquée en sucrerie aux betteraves et cannes découpés (extraction de sucre par diffusion à partir du jus d'écoulement, solution noir – grisâtre, opalescent à environ 15% de matières sèches (15° Brix).*

Il convient de limiter les temps de trempage, par exemple des légumes, au risque d'une perte de leurs composés hydrosolubles par diffusion dans le liquide (perte en vitamines, en sels minéraux, …).

Par le jeu de la diffusion, et les affinités pour l'eau ou la matière grasse des molécules aromatiques, il est possible d'extraire un maximum de composés.

*Nouvelles applications :*
*Effet Pastis : l'ajout de Pastis dans de l'eau provoque la formation d'un trouble apparent. Ce trouble résulte de la présence dans le Pastis d'anéthol (molécule aromatique responsable du goût anisé), soluble dans l'alcool éthylique mais pas dans l'eau (son mélange dans l'eau provoque sa séparation en microscopiques gouttelettes dispersées dans l'eau).*
*Appliqué à la cuisine, il existe les molécules sapides (responsables du goût) qui peuvent se différencier par leurs aptitudes à pouvoir être solubles dans différents corps : eau, alcool, matière grasse …*
*En cuisine, Hervé This propose de verser dans un bocal huile et eau en même quantité, ajouter un épice (bâton de cannelle par exemple), fermer puis agiter le bocal. Les molécules aromatiques de la cannelle vont se répartir dans l'eau et dans la matière grasse, en fonction de leurs affinités à l'eau ou la matière grasse. La décantation du liquide permettra d'obtenir deux liquides aromatiques.*

*NB : Phénomène de diffusion à ne pas confondre avec celui de* ***dissolution****, qui est un phénomène chimique résultant de l'affinité des molécules du solvant pour celles du soluté, conduisant à un mélange homogène dans lequel les corps dissous ne peuvent plus être distingués (la dissolution d'un soluté implique nécessairement sa diffusion dans le solvant).*
*Exemple : solvant de type eau, soluté de type chlorure de sodium. On parle de* ***solution vraie*** *dans le cas d'un mélange d'un soluté dans un solvant avec formation d'un mélange parfaitement homogène*

Le phénomène d'**osmose** résulte d'une diffusion menée à son terme, qui aboutit à des concentrations identiques en éléments dissous de part et d'autre d'une membrane cellulaire s'accompagnant de mouvements d'eau en sens inverse (du milieu le plus concentré (dit hypertonique) vers le milieu le moins concentré (dit hypotonique) ; les mouvements s'opèrent sous la pression osmotique. L'osmose conduit à l'obtention d'un milieu isotonique (correspondant à la moyenne des concentrations des milieux environnants).

Le phénomène de **dialyse** correspond à une sélectivité de la membrane cellulaire en fonction de la taille des molécules entre deux solutions
*Exemple : sélectivité des membranes cellulaires des tissus animaux et végétaux, retenant les glucides amidons et les protéines mais laissant passer les sucres, les acides aminés, les vitamines, les éléments minéraux.*

De nombreux paramètres régulent les échanges entre les milieux :

| | |
|---|---|
| **NATURE solvant / soluté** | Phénomène d'échange fonction de la **nature du soluté et du solvant** :<br>- EAU : molécules hydrophiles (affinité avec l'eau) comme : les molécules glucidiques (oses, diholosides), les vitamines hydrosolubles, les sels minéraux solubles<br>- HUILE : Molécules lipophiles (affinité avec la phase grasse)<br>- ALCOOL<br>- PRESENCE d'agents chimiques<br>- ACIDE : solubilisation des protéines à ph légèrement acide |
| **CONCENTRATION du solvant** | **Limitation des phénomènes de diffusion** suite à l'accroissement de la concentration du solvant en composés dissous de type : glucides (sucre, amidon, alginate, …), protéines (gélatine, …), composés aromatiques divers …<br><br>*Application : il est conseillé de pocher une viande, une volaille dans un liquide concentré (donc hypertonique) afin de réduire la diffusion des composés sapides de la viande ou de la volaille vers le liquide de cuisson.*<br>*Par contre, dans le cas de fruits confits, la saturation progressive en sucre du sirop de trempage des fruits (par chauffage et ajout de sucre) permet une pénétration progressive et maîtrisée de sucre dans le fruit confit, sans le déformer ni nuire à ses qualités organoleptiques.* |
| **COUPLE TEMPS – T°** | Corrélation entre l'accroissement du phénomène de diffusion et l'augmentation du couple temps – température<br>*Exemple : blanchir une viande, une volaille dans un liquide départ à froid permet une diffusion des protéines solubles, de l'excès de sel (cas de la poitrine salée par exemple), d'éventuelles impuretés présentes dans la viande ou la volaille vers le liquide de pochage.* |
| **ACTION SUR LE SOLUTÉ** | Possibilité d'intervenir sur la structure des membranes cellulaires en la fragilisant par l'action de la température (exemple : pratique de pocher les fruits au préalable avant de les confire). |
| **AGITATION MECANIQUE** | Mobilité accrue des molécules aromatiques par l'agitation mécanique (qui entraîne notamment la fragilisation de la membrane). |
| **VOLATILITE** | Forte propension des molécules aromatiques à l'état pur à se diffuser dans l'air<br>Obstacles à la volatilité des molécules aromatiques : piéger les molécules en les liant à des macromolécules de type gélatine, amidon, …<br>*Applications : Ajout de liant de type gélatine, ou amidon pour freiner les pertes d'arômes volatils dans une solution en ébullition (Application : réduction du liquide de pochage de fruits).* |

Dans le cas spécifique des substances aromatiques, un vocabulaire complémentaire est utilisé :

- **décoction** (lat. decoquere, faire cuire) : solution obtenue par l'action prolongée de l'eau bouillante sur une plante aromatique.

*Application : cuisson d'un sirop avec épices, gelée de pommes à la cannelle (extraction des molécules sapides, diffusion de la pectine), court-bouillon*

- **macération :** opération consistant à faire tremper un corps dans un liquide (froid) pour en extraire les parties solubles, ou un produit alimentaire pour le parfumer ou le conserver.

*Applications : Technique de macération à froid des composés aromatiques dans des huiles végétales, de macération des fruits confits dans un alcool, …*

- **infusion :** liquide dans lequel on a mis une plante aromatique pendant un temps déterminé, en général court

(Infuser, du latin infundere, verser dans- faire macérer dans un liquide bouillant afin que celui-ci en prenne l'arôme. Communiquer à un liquide ses sucs aromatiques).

| |
|---|
| *Application : Technique d'infusion appliquée aux gousses de vanille dans un produit laitier (lait, crème, …) chaud et à couvert, aux épices (dans un sirop, un bouillon chaud et à couvert),…* |

| |
|---|
| *Autres applications : Infusion, macération, décoction [89] : Décoction de réglisse dans un bouillon de poire Williams ; Macération de fenouil juste blanchi et émincé dans de l'huile d'olive (principe : agiter l'ensemble dans un bocal hermétiquement fermé et laisser reposer) Emulsion à partir du bouillon précédent réduit de moitié dans laquelle est ajoutée de la gélatine, avec l'huile infusée. Couler dans un fond de verre et laisser prendre à température moyenne de 10°C* |

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

#### 1.6.2.2 Le contact solide - solide ou solide – liquide :

L'enfleurage est un exemple d'échange entre deux milieux par contact : il résulte de l'extraction des molécules odorantes par leur solubilisation dans les matières grasses[90].

| |
|---|
| *Application : procédé de fabrication des parfums à partir de l'extraction des composés aromatiques des fleurs par contact avec une matière grasse.* |

### 1.6.3 Les mélanges, et les facteurs de stabilisation des mélanges : MISE A JOUR 25 AVRIL 2008

La stabilisation des mélanges dans une fabrication est un élément clef à maîtriser dans l'activité quotidienne d'un professionnel. De l'artisan à l'industriel, la maîtrise du cycle de vie des matières premières et plus encore des productions en cours de fabrication ou finies est une priorité.
Or, il est entendu que l'aliment est un « **système complexe et thermodynamiquement instable** », qui peut être défini par :

- « une phase continue généralement de nature aqueuse ;
- une matrice tridimensionnelle de nature protéique et/ou polysaccharidique
- et des éléments dispersés (gaz, globules gras, solides) »[91]

*Exemples :*
*- dispersion de particules liquides dans un élément liquide (Emulsion de type E\H ou H\E), stabilisée par l'ajout d'agents émulsifiants et l'action mécanique*
*- dispersion de particules gazeuses dans un élément liquide ou solide (Mousse), stabilisée par la prise en masse de*

89 Inspiré d'une recette de Pierre Gagnaire (Gelée d'olives et thon), à l'initiative de Hervé This
90 « Casseroles & éprouvettes », Hervé This, Editions Belin – Pour la science, « Eloge de la graisse » page 196
91 « Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits », Volume 2 (Technologie des produits alimentaires), de Romain Jeantet / Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006 – page 3

*l'ensemble (par gélification) G\E : Gaz dispersée dans l'eau*
*- dispersion de particules solides dans un élément solide - liquide selon la température (Chocolat, dispersion de cristaux de sucre et de poudre de cacao dans du beurre de cacao), stabilisée par l'opération de pré cristallisation.*

Par conséquent, le travail des professionnels dans leur ensemble, **consiste à stabiliser ce système**, de leur état brut (matière première) à leur état transformé (matière d'œuvre, fabrications plus ou moins élaborées) en tenant compte des contraintes :

- **technologiques** (notamment liées aux propriétés physico-chimiques des constituants de la matière vivante),
- **thermiques et temporelles** (de conservation)
- et **mécaniques** (notamment dans certains cas de transport)

qu'il est susceptible de subir.

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

## 1.6.3.1 Préambule : l'étude des phénomènes de déstabilisation

La **déstabilisation d'un système**, qui provoque sa fragilisation, sa transformation et la perte de tout ou partie de ses qualités organoleptiques, réduit inévitablement sa durée de conservation, quand bien même le système peut être jugé impropre à la consommation et jeté, voire consommé et toxiques … pouvant occasionner alors de graves préjudices tant pour le consommateur (pour sa santé) que pour le professionnel, notamment en terme financier.

La déstabilisation peut survenir à n'importe quel stade de la fabrication, de manière accidentelle, par une mauvaise maîtrise des températures, des techniques de fabrication, des mélanges entre les matières premières et/ou les fabrications, du choix des matières premières, …

La déstabilisation d'un système peut survenir à la suite :

- d'une **altération physique** : consécutive à des chocs, des modifications d'état, une variation de la teneur en eau (exsudation, migration d'eau, …), ….
- d'une **altération chimique** : consécutive à une oxydation de la matière (exemple : rancissement de la matière grasse) ;
- d'une **altération biochimique** : consécutive à l'action des enzymes (exemples : brunissement enzymatique, destruction des vitamines, …) ;
- ou encore d'une **altération microbiologique** : consécutive au procédé de fermentation recherchée ou non, au développement des moisissures – micro-organismes pathogènes …

### *1.6.3.1.1 Les altérations physiques :*

Un choc sur une denrée alimentaire, le traitement mécanique (épluchage, taille, …) d'une denrée alimentaire peut causer la fragilisation de son enveloppe, la rupture de ses cellules de constitution et l'activation des enzymes responsables d'altération (exemple du brunissement enzymatique, causant la modification de ses caractéristiques organoleptiques dont sa couleur). Il résulte aussi de la rupture des cellules (animales ou végétales) un exsudat d'eau de constitution, milieu propice au développement microbien, notamment de la flore totale aérobie (responsable de la formation des moisissures).

Des modifications d'état peuvent survenir aussi de manière non maîtrisées, causant le déséquilibre des denrées alimentaires ou des fabrications :

- exemple de la dénaturation des protéines de l'œuf sous l'action d'une température élevée dans le cas de la cuisson :
  - d'une crème anglaise : les protéines peuvent floculer (dénaturation réversible) voire coaguler (dénaturation irréversible), causant la scission du mélange entre un coagulat de protéines et un exsudat d'eau ;
  - d'un appareil à crème prise : une température élevée peut provoquer une ébullition de la crème, la rétraction de l'appareil avec formation de crevasses et d'exsudat d'eau.
- exemple de la fusion de la matière grasse dans le cas de la fabrication d'une crème ganache à des températures ambiantes élevées ;
- exemple de la fusion d'une partie du beurre de cacao lors de la conservation de bonbons de chocolat, constituant l'un des défauts majeurs du chocolat en conservation : le blanchiment gras. Il correspondant à l'apparition de traces blanchâtres à la surface du chocolat (migration de certains constituants, notamment des composés de beurre de cacao, venant cristalliser en surface et prenant une couleur blanche caractéristique), consécutif à un travail du chocolat à des températures plus élevées que celles préconisées (avec la formation de cristaux non stables dans la masse de chocolat), et/ou une conservation à température élevée et en atmosphère humide ;
- exemple de la cristallisation de la matière grasse pouvant survenir lors du contact entre la matière grasse et des ingrédients ou des matériels trop froids, causant le grainage de la crème au beurre, … ;
- exemple de la solidification de l'eau lors d'une congélation ou d'un refroidissement mené lentement à basse température, susceptible de former de gros cristaux de glace aux facettes saillantes. Cette formation de gros cristaux présente le risque de provoquer l'altération des denrées alimentaires : à la décongélation, l'altération des cellules animales ou végétales par les parties saillantes des cristaux de glace formées permettent la libération

d'une partie de l'eau de constitution des denrées, et la formation d'un exsudat d'eau en surface (cette eau peut alors être le substrat d'un développement microbien important) ;
- exemple de la rupture de l'émulsion d'une crème ganache par manque de phase aqueuse (déséquilibre du rapport matière grasse / eau), provoquant la séparation entre la phase grasse et la phase aqueuse de la crème.
- exemple du sirop ajouté dans les blancs montés, dans l'exemple caractéristique de la meringue Italienne. Des études menées par Hervé This[92] ont prouvé qu'une température du sirop inférieure à 117°C provoque l'instabilité de la mousse en raison de la viscosité faible du liquide circulant entre les bulles d'air. En revanche, une température supérieure à 127°C du sirop le rend très visqueux, et par conséquent, très difficile à s'immiscer entre les bulles d'air (il se forme des blocs durs et cassants qui alourdissent la masse et nuit à la formation de la mousse).

Une action mécanique peut aussi fragiliser la structure de la denrée alimentaire, et causer sa déstabilisation : c'est par exemple le cas du grainage des blancs d'œufs lors d'un battage prolongé (et la formation de particules insolubles), la transformation de la crème en beurre par agitation mécanique intense couplée à l'action d'une température élevée, …

Des variations de la teneur en eau (par des phénomènes d'exsudation ou de migration d'eau) peuvent également intervenir.

Ce type de déstabilisation des denrées se retrouve aussi dans la conservation de bonbons de chocolat, sous le terme de blanchiment cristallin. Ce défaut correspond à la migration en surface des cristaux de sucre, liée à une conservation en atmosphère humide et/ou un travail du chocolat à des températures plus basses que celles préconisées.

C'est aussi les cas complexes de déstabilisation touchant les matrices alimentaires liées à l'amidon et celles contenant du saccharose, et se produisant à la suite du refroidissement et pendant la conservation : il porte le nom de **cristallisation**.
La **cristallisation** est la propriété des glucides saccharose et des glucides amidon de former des cristaux lors de la conservation.
Si dans le cas du saccharose, la cristallisation peut être un phénomène désiré (exemple de la fabrication du saccharose (état cristallisé, par ensemencement en cristaux de saccharose), du fondant (état semi - cristallisé de saccharose), des intérieurs liqueurs (cristallisation de l'enveloppe du bonbon liqueur à son contact avec l'amidon, déclencheur du phénomène de cristallisation), des fruits candi), il est plus généralement associé comme à un phénomène accidentel.
La cristallisation non désirée intervient à la suite d'un manque de maîtrise des techniques de fabrication, de la température, de l'humidité de l'air ou encore de l'utilisation non raisonnée des ingrédients de fabrication.

Les exemples de cristallisation non désirée sont nombreux, par exemple :
- le cas du sucre « massé », intervenant à la suite d'un refroidissement d'un sirop de sucre au contact d'impuretés, d'agrégats de sucre formés sur les parois du récipient de cuisson risquant d'ensemencer le sirop au refroidissement, … ;
- la cristallisation des bonbons de sucre cuit (berlingot, …) pendant leur stockage, consécutif à une température élevée entraînant une évaporation de l'eau des produits, ou dans le cas d'une humidité importante dans l'air ambiant ;
- la rétrogradation de l'amidon (correspondant à la recristallisation des chaînes d'amylose et d'amylopectine) survenant au refroidissement. La rétrogradation peut survenir après un temps de conservation prolongée au froid, et provoque la formation d'un exsudat d'eau (phénomène de synérèse, avec séparation des phases liquide et solide) : exemple des sauces ou crèmes liées à l'amidon (crème pâtissière, sauce béchamel, …) conservées au froid et présentant un relâchement d'eau à sa surface ; exemple du rassissement des fabrications de type pâtes levées non fermentées (cakes), pâtes levées fermentées (brioche, pain de mie) ou encore du pain pendant leur conservation.

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
| --- |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |

[92] « De la science aux fourneaux », Hervé This – Editions Belin *Pour la science*, mai 2007, page 125

#### 1.6.3.1.2 *Les altérations chimiques et biochimiques :*

L'oxydation correspond au phénomène de dégradation chimiques résultant de l'action de l'air sur des composés fragilisés par leur configuration moléculaire ou les traitements subis, et susceptibles de fixer l'oxygène de l'air avant de se dégrader (exemple : les acides gras polyinsaturés, fragilisés par leur double liaison, et pouvant s'oxyder rapidement au contact de l'air. Le β-carotène (acide gras naturellement présent dans le beurre, lui conférant sa couleur jaune naturelle), en s'oxydant, change de couleur (et prend une teinte orangée).
L'oxydation a pour effet de diminuer la valeur nutritionnelle du produit (diminution de la teneur en acides gras polyinsaturés ou de vitamines antioxydantes), ainsi que sa valeur organoleptique (dont un dégagement de composés volatils à odeur de rance).
En outre, il convient de noter que les réactions d'oxydation des lipides conduisent à la formation de substances qui sont mis en cause dans le processus de vieillissement dégénératif de l'organisme ou dans des pathologies graves (cancer, maladies cardiovasculaires, diabète, …)[93].
Les glucides de réserve et de structure (notamment l'amidon, la cellulose) peuvent subir **un brunissement enzymatique** au contact de l'air (de l'oxygène en l'occurrence), à la suite d'opérations et/ou traitements divers (manipulations, épluchage, taille, …), lesquels dégradent la structure végétale externe et provoquant la libération de l'eau de constitution et l'activation des enzymes (oxydases) naturellement présentes dans les végétaux. Le phénomène conduit à un changement de couleur caractéristique du produit (pigments bruns ou noirs, désignés généralement sous le terme de mélanines).
*Exemple : Brunissement caractéristique des fruits et des légumes : pomme, poire, banane, avocat, …, champignons, pommes de terre, …) après épluchage et conservation à l'air libre.*
Il concerne majoritairement les végétaux (notamment ceux riches en composés phénoliques) ; toutefois, le brunissement enzymatique peut être observé lors du stockage de certains crustacés (notamment crevette, crabe, homard).
Si le brunissement enzymatique est généralement non recherché, car portant atteinte aux qualités organoleptiques (transformation de la couleur, développement d'amertume et d'astringence, …) et nutritionnelles des produits, il peut être aussi recherché : exemples des graines fermentées de cacao et de café, de la maturation des fruits secs (pruneau, raisin, …), …[94]
**Pour limiter le phénomène de brunissement enzymatique, plusieurs techniques sont à la disposition des professionnels :**

- la rédaction d'un cahier des charges précis, notamment sur la qualité des matières premières recherchées, leurs conditions de transport, de manutention, de stockage ;
- le recours à des agents antioxygènes naturels, comme l'acide ascorbique (il convient de noter que l'acide ascorbique appartient à la famille des additifs, et donc soumis à une DJA).

D'autres agents antioxygènes existent à l'état naturel : les tocophérols (la vitamine E) dans l'huile d'olive vierge, les tocophérols et carotènes dans le chocolat
En outre, des recherches ont prouvé l'activité antioxydante[95] des extraits de plantes aromatiques : romarin, sauge, girofle, gingembre et benjoin.

- le recours à un traitement thermique (blanchiment, pasteurisation, stérilisation), permettant d'inactiver les enzymes responsables du brunissement enzymatique. Toutefois, il faut noter que cette technique modifie profondément les caractéristiques organoleptiques des matières, et ne peut être donc pas être retenue comme solution universelle.
- le choix de techniques agissant sur l'oxygène, en limitant son accès aux tissus végétaux pour inhiber le phénomène de brunissement enzymatique
    - l'immersion dans des solutions légèrement sucrée ou salée, ou à pH acide (exemple : eau + acide citrique)
    - la conservation sous-vide ou sous atmosphère contrôlée

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |

[93] Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits », Volume 1 (Stabilisation biologique et physico-chimique), de Romain Jeantet / Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006 – page 117
[94] « Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits », Volume 1 (Stabilisation biologique et physico-chimique), de Romain Jeantet /Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006 – page 143
[95] « Casseroles & éprouvettes », Hervé This, Editions Belin – Pour la science, « Les agents antioxygènes » page 110

| |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

### 1.6.3.1.3 Les altérations microbiologiques :

Les altérations microbiologiques constituent des risques majeurs d'instabilité des denrées alimentaires.
Si certains micro-organismes peuvent se révéler « utiles » (exemple les moisissures dans la fabrication de certains fromages, la « pourriture noble » sur les raisins dans la fabrication de vins liquoreux ; exemple des levures dans la fermentation alcoolique ; exemple des bactéries dans la fermentation lactique pour la fabrication des yaourts, de la fermentation acétique pour la fabrication du vinaigre, …), la majorité des microorganismes se révèle néfaste pour les denrées alimentaires (micro-organismes d'altération) et/ou pour leurs personnes qui les consomment (dans le cas notamment de bactéries pathogènes, et de micro-organismes d'altération en grande quantité).

Les micro-organismes d'altération agissent directement sur les composants des denrées alimentaires ; on distingue :
- les micro-organismes de putréfaction (ou « protéolytique ») ;
- les micro-organismes de rancissement des corps gras (ou « lipolytiques ») ;
- les micro-organismes d'altération des végétaux (« glucidolytiques » ou « cellulolytiques »).

**Les micro-organismes pathogènes** peuvent provoquer dans l'organisme humain des intoxications alimentaires (bactéries pathogènes, responsables de Toxi-infection alimentaire), des affections sur des parties du corps (mycoses), …
Parmi les principales bactéries pathogènes, on trouve : la salmonelle (notamment parmi les fabrications à base d'œufs et/ou les contaminations croisées avec des volailles crues piécées ou entières), le staphylocoque doré (notamment parmi les fabrications ayant nécessité des manipulations), le clostridium perfringens (notamment parmi les fabrications en sauce insuffisamment refroidies), le clostridium botulinium (notamment parmi les fabrications à base de végétaux et/ou insuffisamment appertisés), l'escherichia coli (notamment parmi les fabrications contaminées notamment par le contact avec des mains souillés).

Enfin, les **parasites** peuvent être responsables de parasitoses, maladies provoquées par l'introduction et la prolifération de parasites dans l'organisme humain (par leur migration de la flore intestinale des animaux y compris dans leur chair, de l'eau ou encore de végétaux vers l'organisme humain. Le mode de contamination peut être directe (par ingestion de parasites) ou indirecte (par ingestion d'œufs ou larves).
*A noter l'existence d'autres parasites n'appartenant pas à la famille des micro-organismes : les vers (oxyure, ascaris, trichine, ténias…).*

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

### 1.6.3.2 La stabilisation par la maîtrise de l'eau : MISE A JOUR 25 AVRIL 2008

L'eau représente le constituant le plus abondant dans la plupart de nos aliments.
Elle possède une influence déterminante sur les caractéristiques organoleptiques des denrées alimentaires, notamment en terme de texture :

- celles dont l'activité de l'eau est élevée, pour lesquelles elles peuvent décrites comme juteuses, tendres, de consistance moelleuse, perdent leurs attributs avec une diminution de leur aw (durcissement, assèchement, …).
- celles dont l'activité de l'eau est faible, et qui se singularisent pour leur croustillant ou leur croquant, peuvent ramollir sous l'effet d'une augmentation de leur aw. De même, des produits déshydratés (poudre de lait, sucre glace non amylacé, …) peuvent motter avec une augmentation de leur aw, et nuire aux qualités des fabrications pour lesquelles ils sont utilisés.

En outre, elle détermine fortement la stabilité des matrices alimentaires.

Comme le stipule le chapitre VII – Alimentation en eau, de l'annexe II du règlement 852/2004[96] :

*« 1.a) L'alimentation en eau potable, qui doit être utilisée si nécessaire pour éviter la contamination des denrées alimentaires, doit être en quantité suffisante.*
*b) De l'eau propre peut être utilisée pour les produits de la pêche entiers. De l'eau de mer propre peut être utilisée pour les mollusques bivalves vivants, les échinodermes, les tuniciers et les gastéropodes marins ; de l'eau propre peut aussi être utilisée pour le lavage extérieur. Lorsque cette eau est utilisée, des installations d'alimentation adéquates doivent être disponibles.*
*2. Lorsque de l'eau non potable est utilisée, par exemple pour la lutte contre l'incendie, la production de vapeur, la production de froid et à d'autres fins semblables, elle doit circuler dans un système séparé dûment signalé. L'eau non potable ne doit pas être raccordée aux systèmes d'eau potable ni pouvoir refluer dans ces systèmes.*
*3. L'eau recyclée utilisée dans la transformation ou comme ingrédient ne doit présenter aucun risque de contamination. Elle doit satisfaire aux normes fixées pour l'eau potable, à moins que l'autorité compétente ait établi que la qualité de l'eau ne peut pas compromettre la salubrité des denrées alimentaires dans leur forme finale.*
*4. La glace entrant en contact avec les denrées alimentaires ou susceptible de contaminer celles-ci doit être fabriquée à partir d'eau potable, ou lorsqu'elle est utilisée pour réfrigérer les produits de la mer entiers, à partir d'eau propre. Elle doit être fabriquée, manipulée et stockée dans des conditions prévenant toute contamination.*
*5. La vapeur d'eau directement en contact avec les denrées alimentaires ne doit contenir aucune substance présentant un danger pour la santé ou susceptible de contaminer lesdites denrées.*
*6. Lorsque le traitement thermique est appliqué à des denrées alimentaires contenues dans des récipients hermétiquement clos, il y a lieu de veiller à ce que l'eau utilisée pour le refroidissement de ceux-ci après le chauffage ne soit pas une source de contamination des denrées alimentaires ».*

Le terme eau évoque tant l'humidité ambiante (eau à l'état de gaz), que l'eau de constitution d'une denrée alimentaire (à l'état liquide et/ou solide).
Dans une denrée alimentaire, l'eau se retrouve dans des environnements variés, les molécules étant plus ou moins associées à des molécules voisines, mais une simplification utile et courante consiste à distinguer deux formes : **une forme liée** et **une forme libre**, la forme libre étant l'une des causes majeures des formes de dégradation de l'aliment.

Maîtriser le paramètre « eau » passe avant tout pour le professionnel par la maîtrise de la quantité d'eau libre dans les fabrications (il lui faut connaître et/ou bien prévoir la quantité d'eau libre dans une préparation afin **d'équilibrer ses recettes** et éviter des déplacements d'eau entre produits (transfert d'une masse à une autre), voire hors produit par exsudation), ainsi que de l'humidité environnante (dans le laboratoire de fabrication, dans les zones ou les enceintes de stockage, …).

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
| --- |
| |

[96] Règlement 852/2004 ou « règlement hygiène »

| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| --- |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

### *1.6.3.2.1 L'activité de l'eau (aw) :*

L'activité de l'eau est une notion introduite par Levis et Randall (1923) qui permet de mesurer la disponibilité globale moyenne de l'eau pour les réactions biologiques ; cette notion est aujourd'hui de plus en plus utilisée par les technologues des denrées alimentaires (notamment en industrie) et reprise par les professionnels soucieux de maintenir la stabilité de leurs fabrications en conservation.

L'activité de l'eau est un critère fondamental pour juger de la stabilité d'un produit par rapport aux réactions de dégradation (de la couleur, du goût, de l'arôme, des vitamines, …) ou à la croissance des micro-organismes.
L'aw est l'unité qui mesure la quantité d'eau libre présente dans un milieu ; toute eau libre peut provoquer les détériorations du produit soit en accélérant les réactions chimiques, soit en favorisant la croissance des micro-organismes.
Par conséquent, la teneur en eau libre est un critère qui permet de juger de la stabilité et de la durée de conservation des denrées alimentaires.

Remarque : *il convient de noter que la vitesse de dégradation d'une denrée alimentaire n'est pas toujours proportionnelle à l'activité de l'eau (d'autres facteurs, tels que les isothermes de sorption, déterminant la quantité d'eau fixée par un aliment en fonction de l'humidité relative de l'atmosphère influencent aussi sa stabilité).*

L'échelle d'aw est comprise entre 0 (produit totalement dépourvu d'eau libre) et 1 (composée uniquement d'eau libre). Par convention, l'aw de l'eau pure est égale à 1.

| Exemple d'Activité de l'eau dans quelques aliments[97] | |
| --- | --- |
| Viande fraîche et poisson | 0,99 |
| Pain | 0,95 |
| Majorité des produits de pâtisserie | > 0,85 |
| Confiture et gelée | 0,8 |
| Ganache | Entre 0,70 et 0,90 |
| Cakes, viennoiseries | Entre 0,70 et 0,85 |
| Fruits secs | 0,6 |
| Biscuits | 0,3 |
| Lait en poudre | 0,2 |
| Café soluble | 0,2 |

| Autre exemple : activité de solutions pures de saccharose [98] | |
| --- | --- |
| °Brix (g sucre %g) | Activité de l'eau |
| 0 | 1,000 |
| 50 | 0,936 |

[97] Magazine Mesures n°751, Janvier 2003
[98] D'après Norrish RS, 1967 (Documentation CEDUS)

| | |
|---|---|
| 60 | 0,898 |
| 70 | 0,829 |
| 80 | 0,689 |
| 90 | 0,366 |
| 97,8 | 0,016 |

*Remarque : la notion ambiguë de « teneur en eau » d'une fabrication diffère de la quantité d'eau libre par le fait qu'elle comprend la totalité de l'eau de constitution du produit, soit la somme de son eau libre et de son eau liée :*

*Teneur en eau d'une fabrication donnée = (quantité d'eau libre + quantité d'eau liée) de cette fabrication*

*La teneur en eau peut en outre se calculer en soustrayant au poids total la somme de ses éléments secs (Extrait sec total) : soit Teneur en eau d'une fabrication donnée = poids total de la fabrication – son extrait sec total*

La valeur de l'aw détermine directement l'aptitude ou non de développement des microorganismes d'altération, et ce quel que soit l'influence d'autres facteurs (température, temps, …).

Les principaux types de microorganismes que sont les levures, les moisissures et les bactéries se distinguent par les valeurs minimales d'aw nécessaires pour garantir leur développement ; c'est à partir de 0,90 aw que la plupart des bactéries contaminantes (notamment pathogènes) se développent, les moisissures et les levures à partir de 0,61 aw environ.

Jean-Pierre Richard propose de croiser le niveau d'aw et les phénomènes de dégradation sous la forme d'un tableau :

*Estimation du rapport entre phénomènes de dégradation des aliments et niveau d'A.w.*[99]

| Phénomènes de dégradation | Mesure d'a.w |
|---|---|
| Chimique | Entre 0,25 et 0,45 |
| Biochimique (enzymatique) | Entre 0,6 et 0,75 |
| Prolifération de levures | Entre 0,6 et 0,8 |
| Prolifération de moisissures | Entre 0,7 et 0,8 |
| Bactériologique (Bactéries) | Entre 0,7 et 0,9 |
| | Croissance bactérienne importante pour une A.w. comprise entre 0,92 et 0,99 |

Un tableau complémentaire proposé par Edmond Peulot[100] approfondi le rapport entre le niveau d'aw et les activités des microorganismes :

[99] Le Journal du pâtissier, n°279, Octobre 2003 – « Durée de fraîcheur des ganaches », de Jean-Pierre Richard
[100] http://perso.orange.fr/edmond.peulot/ACTIVITE.HTM

| Valeur Aw | Limites maximales pour les micro-organismes | Produits alimentaires compris dans ces valeurs |
|---|---|---|
| 1.00…0,95 0.95 | Psoudomonas, Escherichia, Proteus, Shigella, Klebsiella, Bacillus, Clostridium perfringens, certaines levures | Produits rapidement altérables (frais) aliments et fruits en boites, légumes, viande, poisson et laitage, saucisse cuite pain cuit; produits alimentaires contenant jusqu'à 40% de sucre ou 7% de sel |
| 0.95 …0,91 0.91 | Salmonella Vibrio parahaemoliticus, C. botulinum, Serratia, Lâctobacillus, Pediococcus, certaines moisissures, levures (Rhodotoruia, Pichia | Certains fromages (cheddar, suisse, munster, provolone), viande fumée (jambon), quelques concentrés de jus de fruits, les produits alimentaires contenant jusqu'à 55% de sucre (saturés) ou 12% de sel |
| 0,91…0,87 | Beaucoup de levures (Candida, Torulopsis, Hansenula), Micrococcus | Saucisse sèche (salami), flans, fromages secs, margarine, les produits alimentaires contenant jusqu'à 65% de sucre (saturés) ou 15% de sel |
| 0,87…0,80 | La plupart des types de moisissure (Penicillia micotoxique), Staphyloccocus aureus, la plupart des Saccharomyces (bailii) spp., Deboryamyces | La plupart des concentrés de jus de fruits, le lait concentré sucré, les sirops de chocolat, d'érable et de fruits, les farines, riz et légumes secs avec15-17% d'eau; les gâteaux aux fruits; saucisses fumées, fondants |
| 0,80…0,75 | La plupart des bactéries halophiles, aspergilli micotoxique | Marmelades, gelées de fruits, pâte d'amande, fruits confits, certains marshmallows |
| 0,75…0,65 | Moisissure xérophile (Aspergillus chevaliers, A. Candidus, Wallemia sebi), Saccharomyces bisporus | Flocons d'avoine avec 10% d'eau, nougats, fondants, marshmallows, bouillies, mélasses, sucre brut, certains fruits secs, noix |
| 0,65…0,60 | Levures osmophile (Saccharomyces rouxi), certaines moisissures (Apergillus echinulatus, Monascus bisporus) | Fruits secs avec 15-20% d'eau; certains toffees et caramels; miel |
| 0,5 | Pas de croissance microbiologique élevée | Pâtes alimentaires avec 12 % d'eau; épices avec 10% d'eau |
| 0,4 | | Œufs en poudre avec 5% d'eau environ |
| 0,3 | | Cakes, biscuits secs, croûte de pain, etc. avec 3-5% d'eau environ |
| 0,2 | | Poudre de lait avec 2-3% d'eau environ; fruits secs avec 5% d'eau environ, flocons de céréales avec 5% d'eau environ, gâteaux aux fruits, cakes rustiques, biscuits secs |

Outre le risque de développement microbien au sein des fabrications, l'activité de l'eau influence les réactions chimiques et biochimiques (de type enzymatique).
En effet, l'eau à l'état libre peut servir de solvant, de réactif ou changer la mobilité des réactifs en diminuant la viscosité des matrices alimentaires.
L'eau libre peut influer dans les réactions de brunissement non enzymatique (les réactions de Maillard), l'oxydation des lipides (le rancissement), les réactions enzymatiques (brunissement enzymatique, dégradation des vitamines, …), la dénaturation des protéines, ….
L'aw d'une fabrication dans son ensemble résulte de la somme des aw de chacun de ses ingrédients, et des traitements de cuisson et de conservation qu'elle a pu subir.
Dans le cas des fabrications complexes, pouvant être constituées d'un assemblage d'ingrédients divers avec des teneurs en eau libre différentes, des phénomènes de **migration d'eau** entre les composants peuvent survenir. L'activité de l'eau est par conséquent un paramètre important dans le contrôle de la migration d'eau des fabrications dites complexes.
De la même manière que le phénomène d'osmose qui peut avoir lieu entre deux solutions, la migration de l'eau survient du composant avec le niveau d'aw le plus fort vers le composant avec le niveau d'aw le plus faible. Il résulte alors la perte d'une partie des caractéristiques organoleptiques du produit, et des réactions chimiques et enzymatiques notamment dans les composants à forte teneur en eau libre.

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| **APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur** |
| |
| **APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur** |
| |

#### 1.6.3.2.2 *L'humidité relative (HR) et l'humidité relative d'équilibre (HRE) :*

L'humidité environnante, dont le pourcentage résulte de la quantité de vapeur d'eau présent dans une zone donnée, influe de même sur l'activité de l'eau d'une fabrication.
Soumis à une humidité importante, et/ou dans le cas de fabrications faible en aw, l'eau peut changer d'état au contact de la fabrication : la vapeur d'eau se liquéfie (phénomène de liquéfaction), et migrer vers la fabrication.
L'humidité de l'air est calculée à l'aide d'un hygromètre ; il mesure l'humidité relative ou HR, représentant le pourcentage de vapeur d'eau contenu dans l'air.

La notion d'HRE ou humidité relative d'équilibre correspond au pourcentage appliqué à la valeur de l'aw : HRE = aw x 100.
Elle détermine la valeur en pourcentage de l'humidité qui doit régner dans une atmosphère environnante pour limiter au maximum les échanges entre le produit soumis à conservation et le climat ambiant.
Il résulte de cette définition que le niveau de l'HRE doit tendre au plus près de celui de l'aw du produit multiplié par 100.
Par exemple, si l'aw d'une ganache enrobée pour maintenir sa stabilité en conservation est fixée à 0,70, alors l'HRE de son local de stockage de ces bonbons de chocolat doit être au plus près, mais inférieure à 70%.

*Application :*
*Il est conseillé de maintenir une humidité relative dans l'environnement de stockage des bonbons de chocolat entre 55 et 65% pour éviter :*
*- une formation d'humidité en surface des bonbons et le risque de développement de moisissures (dans le cas d'une HR > 70% ;*
*- un assèchement des fabrications pouvant conduire à leur déformation et à leur fragilisation.*
*Il est de même conseillé de limiter les variations de température et d'humidité au cours de la conservation des matières premières et des fabrications. Dans le cas de bonbons de chocolat, une variation importante d'humidité peut causer la migration en surface des cristaux de sucre (défaut du chocolat appelé « blanchiment cristallin »).*

Par ailleurs, pour limiter les risques de migration de l'eau de la fabrication vers sa surface, par liquéfaction, il faut être vigilant de limiter au maximum les différences de température et d'humidité entre celles de la fabrication à refroidir et celles de son environnement de stockage.

*Application :*
*La mise en enceinte réfrigérée positive ou négative d'une fabrication chaude est fortement déconseillée pour éviter non seulement la liquéfaction d'une partie de leur eau de constitution, préjudiciable à leur conservation, mais aussi la remontée en température dans l'enceinte de stockage et le risque de prolifération microbienne :c'est pourquoi il est conseillé de passer les fabrications fragiles à température élevée dans des enceintes de refroidissement rapide, ou de maintenir les fabrications chaudes non fragiles à température ambiante pour abaisser leur température avant leur stockage.*

En situation pratique, il convient de rechercher le **point de rosée** (c'est-à-dire l'équilibre de la phase liquide de l'eau d'une fabrication avec la phase vapeur dans une enceinte hermétique de conservation). Le point de rosée détermine la température minimale de conservation des produits permettant d'éviter leur liquéfaction lors d'un transfert dans d'autres conditions de température, d'état… afin de réduire toute trace d'humidité à la surface de produits, cause possible de multiplication microbienne ou autres
*NB : des méthodes de calcul du point de rosée existent en industrie, notamment la méthode de mesure du point de rosée par miroir refroidi, qui permet un contrôle rapide de l'activité de l'eau d'un produit sur une ligne de production et y remédier si besoin.*

**Remarque :** Si en situation pratique, il est fréquent d'utiliser le terme « condensation » pour désigner la formation d'humidité à la surface de produits, il s'avère que le terme est impropre car l'humidité à la surface de la fabrication résulte de la liquéfaction de l'eau (la condensation est par contre le changement d'état de l'eau correspondant au passage de l'eau de l'état gazeux à l'état solide).

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
| --- |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

#### 1.6.3.2.3 *Les facteurs agissant sur l'activité de l'eau :*

La diminution de la quantité d'eau libre dans une fabrication peut résulter :

- **du contrôle de l'humidité et de la température ambiante :**

*Exemple : dans le cas de la conservation de produits chocolatés (décors en chocolat, bonbons de chocolat, …), l'humidité relative doit s'approcher de 60% (entre 55 et 65%) et la température de 16°C.*

- **de techniques de cuisson, de concentration, de déshydratation ou encore de lyophilisation :**

*Exemple : biscuits secs (0,3 Aw), lait en poudre (0,2 Aw), café soluble (0,2 Aw).*

*A noter : il convient de relever que les fabrications à l'aw inférieure à 0,2 ou entre 0,4 et 0,7 présentent un fort risque d'oxydation des lipides*[101].

- **de conditionnements qui protègent hermétiquement les fabrications en conservation :**

Il est possible d'avoir recours à des récipients à couvercles avec fermeture hermétique, à des boites ou autres récipients filmés dans les deux sens (pour assurer une fermeture parfaitement hermétique), de sachets sous – vide.

Comme le stipulent :

- le point 3 du chapitre IX – Dispositions applicables aux denrées alimentaires, dans l'annexe II du règlement 852/2004[102] :

«*A toutes les étapes de la production, de la transformation et de la distribution, les denrées alimentaires doivent être protégées contre toute contamination susceptible de les rendre impropres à la consommation humaine, dangereuses pour la santé ou contaminées de manière telles qu'elles ne pourraient être raisonnablement considérées comme pouvant être consommées en l'état ».*

- le chapitre X – Dispositions applicables au conditionnement et à l'emballage des denrées alimentaires, dans l'annexe II du règlement 852/2004 :

*« 1. Les matériaux constitutifs du conditionnement et de l'emballage ne doivent pas être une source de contamination.*
*2. Les conditionnements doivent être entreposés de telle façon qu'ils ne soient pas exposés à un risque de contamination.*
*3. Les opérations de conditionnement et d'emballage doivent être effectuées de manière à éviter la contamination des produits. Le cas échéant, notamment en cas d'utilisation de boites métalliques et de bocaux en verre, l'intégrité et la propreté du récipient doivent être assurées.*
*4. Les conditionnements et emballages qui sont réutilisés pour les denrées alimentaires doivent être faciles à nettoyer et, le cas échéant, faciles à désinfecter.*

A noter qu'une partie de l'eau libre du produit conditionné sous vide peut être extraite : par dépression brutale, l'eau de constitution du produit peut se vaporiser d'autant plus rapidement que sa température est élevée (rappel : la température d'ébullition de l'eau diminue avec la pression). Pour éviter un assèchement des produits fragiles, il est conseillé de limiter la température à cœur du produit à conditionner à une température inférieure à +6°C[103]. En effet, le risque est de favoriser l'ébullition de l'eau contenue dans les cellules du produit (par diminution de la pression : la pression dans la technique du conditionnement sous – vide étant de l'ordre de 23,4 mbar), et de **fragiliser les parois cellulaires**, pouvant causer d'éventuelles pertes d'eau ultérieures.

---

[101] « Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits », Volume 1 (Stabilisation biologique et physico-chimique), de Romain Jeantet / Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006 – page 111

[102] Règlement 852/2004 ou « règlement hygiène »

[103] Précision apportée par M. Bruno Goussault, Sujets interactifs du site du Journal « l'Hôtellerie », 2006 : « Salubrité des produits cuits sous vide à juste température et durée de vie »

- **les traitements thermiques :**

Ils agissent directement sur l'eau libre, soit en diminuant sa quantité sous l'action d'une température élevée (par le changement d'état de l'eau de vaporisation), soit en neutralisant son activité sous l'action d'une température basse (par le changement d'état de l'eau de cristallisation, et/ou par le changement d'état des autres ingrédients de la denrée alimentaire, comme par exemple la matière grasse).

- **le recours à des substances hydrophiles**, c'est-à-dire aptes à capter et à fixer l'eau environnant, diminuant par voie de conséquence le niveau de l'aw de la fabrication.

En la matière, il faut distinguer dans la famille des hydrophiles :

- des ingrédients alimentaires (comme le sel, le saccharose, l'amidon, la gélatine, d'autres sucres comme le sirop de glucose, le dextrose, le sucre inverti, …) ;

- les additifs alimentaires (codifiés et réglementés).

#### ***1.6.3.2.4 <u>Le cas des ingrédients alimentaires utilisés comme hydrocolloïdes :</u>*** *MISE A JOUR 18 JUIN 2008*

Les ingrédients alimentaires de nature hydrophile (comme le sel ou les sucres) ou hydrocolloïde (comme la gélatine, la pectine présent naturellement dans les fruits, l'amidon) peuvent agir sur l'eau en neutralisant ses parties libres, et permettrent d'agir sur la stabilisation des denrées alimentaires.

Malgré tout, tous ces ingrédients alimentaires n'ont pas la même efficacité, tant en terme de quantité d'eau fixée, qu'en terme de maintien de l'eau fixée dans le temps.

Ainsi, des études (notamment celles de Grover[104]) ont montré qu'il existait des produits plus hydrophiles que d'autres, en attribuant à ces produits un jeu de coefficients :

| Nature | SUBSTANCE | COEFFICIENT de Grover |
|---|---|---|
| Ingrédient alimentaire | SEL | 9 |
| Ingrédient alimentaire | ETHANOL | 8 |
| *Additif alimentaire* | *E420 SORBITOL* | 2 |
| Ingrédient alimentaire | SUCRE INVERTI | 1,3 |
| Ingrédient alimentaire | DEXTROSE | 1,3 |
| Ingrédient alimentaire | PROTEINES dont gélatine | 1,3 |
| Ingrédient alimentaire | SUCRE (saccharose) | 1 |
| Ingrédient alimentaire | SIROP de GLUCOSE (DE60) | 1 |
| Ingrédient alimentaire | SIROP de GLUCOSE (DE40) | 0,8 |
| Ingrédient alimentaire | AMIDON et polysaccharides | 0,8 |

Cet ordonnancement n'est pas sans rappeler l'échelle d'hygroscopicité des sucres, le coefficient de Grover étant lié à l'aptitude d'un produit à capter l'eau environnante.
Le tableau montre par exemple que l'additif alimentaire E420 sorbitol, dont on sait qu'il est fortement hydrophile, a une capacité deux fois plus importante à fixer l'eau que le saccharose.

**<u>Par conséquent, la nature et la quantité des ingrédients hydrophiles</u> utilisés influent directement sur l'activité de l'eau de la fabrication.**

En outre, le saccharose et l'amidon peuvent participer à la déstabilisation des denrées alimentaires à la suite de leur cristallisation au refroidissement et en conservation.
Il est indispensable dans le cas d'une conservation de denrées à base d'une forte quantité de saccharose (le cas par exemple des sirops, des confiseries, …) ou liée à l'amidon, de faire le choix d'ingrédients dits **<u>anti-cristallisants</u>**.

Des sucres (comme le sirop de glucose) agissent en tant qu'agents anti-cristallisants :
- sur le saccharose : par leur grande solubilité au contact de l'eau, ils interfèrent sur la formation de cristaux de saccharose en se logeant entre les molécules de saccharose et en augmentant la viscosité du milieu ce qui limite le phénomène de cristallisation des molécules de saccharose
- et sur l'eau, en limitant le phénomène de cristallisation de l'eau sous l'action d'une température négative.

*<u>Vocabulaire :</u> le graissage des sucres correspond à l'ajout d'agents anti-cristallisants (ingrédients alimentaires de type glucose, additifs alimentaires de type E334 acide tartrique ou E336 crème de tartre dans la cuisson des sucres pour empêcher leur cristallisation.*

---

104 La lettre technologique de l'ENSP, Edition n°16, portant sur l'aw, Pascal Liangeaud

En pratique, il est courant de combiner les agents anti-cristallisants :

- pour réduire le risque de cristallisation sans augmenter notablement la viscosité du milieu ; il est conseillé dans ce cas de procéder au mélange de sorbitol et de sucre inverti (en raison du volume réduit de ces molécules) au lieu de sirop de glucose strictement ;
- pour conserver des fabrications en limitant l'adsorption d'eau : il est conseillé d'éviter le sorbitol et le sucre inverti au pouvoir hygroscopique important, et privilégier les sirops de glucose à bas DE par exemple ;
- pour limiter le pouvoir sucrant d'une fabrication : il est possible d'avoir recours au sorbitol et au sirop de glucose au pouvoir sucrant plus faible que celui du sucre inverti.

Dans le cas des gels d'amidon, leur stabilité au refroidissement est fortement dépendant :

- <u>du temps de conservation</u> : passé 48 heures de conservation au froid (négatif ou positif), la structure est particulièrement instable et selon le rapport amylose / amylopectine de l'amidon utilisé, l'amidon rétrograde plus ou moins rapidement. Ce phénomène de rétrogradation s'opère par une scission entre les phases liquide et solide ; laissant s'échapper un exsudat de l'eau de constitution de la fabrication (phénomène de synérèse). Dans d'autres cas (exemple le pain, toutes les fabrications à base de pâte : brioche, savarin, cakes, …), la rétrogradation s'opère lors d'une conservation prolongée des fabrications, processus accéléré en l'absence de protection enveloppant les fabrications : les produits sèchent progressivement sous l'effet de la vaporisation de son eau de constitution. Le terme de « rassissement » est utilisé pour désigner ce phénomène.
- <u>du rapport amylose / amylopectine de l'amidon utilisé</u> :

L'amylopectine a la capacité d'absorber une grande quantité d'eau à la cuisson, et est en grande partie responsable du gonflement des granules d'amidon.
Les granules d'amidon riches en amylopectine sont plus faciles à dissoudre dans l'eau à 95°C, que ceux qui contiennent beaucoup d'amylose. Les molécules d'amylopectine n'ont pas tendance à recristalliser, et possèdent de ce fait un pouvoir élevé de rétention d'eau, contrairement à celles de l'amylose qui rétrogradent plus rapidement. Les solutions d'amylopectine ne rétrogradent pas.
**La transformation de l'amidon (« amidon transformé ») modifie par conséquent ses <u>propriétés stabilisantes</u> : l'amidon fixe davantage l'eau, et est stable même après une conservation au froid négatif.**

*<u>Exemple :</u> dans le cas de la fabrication de la crème pâtissière, la texture et la conservation de la crème est fonction de la nature de l'amidon utilisé (c'est-à-dire de son rapport amylose / amylopectine) :*
*les amidons riches en amylopectine sont plus stables en conservation au froid négatif (cas de la farine de blé, des amidons transformés, de la poudre à crème à froid ou à chaud à base d'amidons transformés, ou encore du mélange de 30% maximum d'amidon de maïs et 70% minimum de farine)*
*L'ajout de matières à la crème pâtissière (comme le beurre dans le cas de crème mousseline, …, la crème fouettée dans le cas de la crème princesse ou diplomate, …, la meringue italienne ou française dans le cas de la crème Chiboust), permet de stabiliser la crème pâtissière, et facilite sa conservation au froid négatif dans le cas d'une production en différé.*
*Autres exemples :*
*- utilisation en industrie d'amidons transformés ou modifiés pour lier les préparations afin de limiter les risques de rétrogradation de l'amidon et de synérèse en conservation*
*- phénomène de rétrogradation observable lors de la conservation de tous les produits à base de pâte (la rétrogradation intervenant comme la principale cause du rassissement des pains par exemple)*
*- rassissement des brioches dans la fabrication du pain perdu*

- <u>de la présence ou non de matière grasse :</u>

sous l'action du froid, la structure des granules d'amidon et d'eau se stabilise par la cristallisation de la matière grasse au froid.

*Exemple : quel que soit l'amidon utilisé, une crème pâtissière composée de plus de 200 g de beurre au litre de lait est stable en conservation au froid. Il convient de noter de même que l'ajout de matières (comme le beurre dans le cas de la crème mousseline, … ; la crème fouettée dans le cas de la crème princesse ou diplomate, …, la meringue italienne ou française dans le cas de la crème chiboust, …) permet de stabiliser la crème pâtissière, et facilite sa conservation au froid négatif dans le cas d'une production en différée*

- <u>de la présence ou non de produits fixateurs d'eau (hydrophile)</u>, permettant de maintenir une partie de l'eau de constitution des fabrications et freinant par conséquent les phénomènes de rétrogradation de l'amidon et de rassissement dans le cas des pâtes battues (biscuit, génoise, …), des pâtes levées fermentées (brioche, …), des pâtes levées non fermentées (cakes, madeleines, …), ….

*Exemple du sucre inverti ajouté en remplacement de 5 à 10% du poids de sucre dans la fabrication de la pâte à cakes*
*Exemple des agents émulsifiants (E322 lécithine, E471 mono et diglycérides d'acides gras, E472 esters d'acides gras) fixant une partie de l'eau de constitution de la fabrication en la liant à des globules de matières grasses. Exemple de l'additif alimentaire E420 sorbitol, particulièrement apte à retenir et à stabiliser l'humidité dans les fabrications dans lesquelles il est ajouté (exemple de la pâte à cakes).*

### ***1.6.3.2.5 Le cas des additifs alimentaires utilisés comme hydrocolloïdes :*** *MISE A JOUR 18 JUIN 2008*

Les additifs alimentaires participent à la stabilisation du système « aliment » ; ce sont des substances habituellement non consommées comme aliment en soi, dont l'adjonction intentionnelle dans un but technologique, organoleptique ou nutritionnel a pour effet qu'elles deviennent elles-mêmes ou que ses dérivés deviennent un composant de la denrée alimentaire.
**Les additifs alimentaires servent à prolonger la durée de conservation d'une denrée, et/ou à améliorer ses qualités organoleptiques ou nutritionnelles.**

Ils peuvent être :

- soit d'origine naturelle, c'est-à-dire dérivés des produits naturels pouvant être synthétisés de manière chimique ou fabriqués par génie génétique ;
- soit d'origine synthétique, c'est-à-dire pouvant exister dans la nature et synthétisés chimiquement.

Selon l'arrêté ministériel du 2 octobre 1997[105], les produits suivants ne sont pas considérés comme des additifs alimentaires :

- « les produits contenant de la pectine et obtenus à partir de résidus séchés de pommes ou de zestes d'agrumes, ou d'un mélange des deux, par l'action d'un acide dilué suivie d'une neutralisation partielle au moyen de sels de sodium ou de potassium (« pectine liquide ») »
- « la dextrine blanche ou jaune, l'amidon torréfié ou dextrinisé, l'amidon modifié par traitement acide ou alcalin, l'amidon blanchi, l'amidon physiquement modifié et l'amidon traité au moyen d'enzymes amylolytiques »

Ces amidons sont exclus du champ d'application de la Directive CE 95-2 du 20 Février 1995 relative aux additifs alimentaires et sont désormais considérés comme des ingrédients alimentaires, c'est à dire qu'ils peuvent continuer à être utilisés dans la fabrication de denrées alimentaires dans les mêmes conditions que l'amidon.
Les Amidons modifiés* sont des « substances obtenues au moyen d'un ou plusieurs traitements chimiques d'amidons alimentaires, qui peuvent avoir été soumis à un traitement physique ou enzymatique, et peuvent être fluidifiés par traitement acide ou alcalin ou blanchis ». L'indication du nom spécifique ou du numéro CE n'est pas requise.
Suite à la mise sur le marché d'organismes génétiquement modifiés, (ex avec les Maïs) le terme « modifié* » pour l'amidon a pu créer une confusion. Celui de « transformé » est utilisé de plus en plus.

- « la gélatine alimentaire, l'albumine du lait et le gluten par exemples »

Remarque : sachant qu'un même additif peut avoir des rôles technologiques différents, des confusions persistent et suivant le secteur professionnel, d'autres termes subsistent (stabilisant-stabilisateurs, émulgateurs, etc)
Par contre, l'usage d'additifs alimentaires se révèle particulièrement efficace, mais leur utilisation requiert du professionnel, des pesées rigoureuses, la connaissance de leur mode d'emploi et de leurs propriétés pour une utilisation optimale.

[105] Article 10, page 16265, lien : http://www.legifrance.gouv.fr/WAspad/UnTexteDeJorf?numjo=ECOC9700107A

Il faut distinguer dans les additifs alimentaires limitant l'activité de l'eau :

- **les conservateurs :**

Les conservateurs sont des substances utilisées pour prolonger la durée de conservation d'un produit alimentaire, en les protégeant des altérations dues aux microorganismes par modification de la composition du milieu (diminution du pH, baisse de la teneur en eau).

*Applications : Biscuiterie - Fruits secs, traiteur : pâté de viande, …, pâtisserie industrielle (biscuit, génoise, viennoiseries …)*

Ils peuvent être soit d'origine :

- naturelle :

E234 nisine
E235 natamycine
E285 tétraborate de sodium
E1105 lysozyme

- ou synthétique :

E200 acide sorbique
E202 sorbate de potassium
E203 sorbate de calcium
E210 acide benzoïque
E211 à E213 benzoate de sodium à benzoate de calcium
E214 à E219 PHB d'éthyle à méthyl PHB de sodium
E220 dioxyde de soufre
E221 à E228 sulfite de sodium, de calcium ou de potassium
E230 biphényle
E231 orthophénylphénol
E232 orthophénylphénate de sodium
E239 hexaméthylènetétramine
E242 dicarbonate de diméthyl
E249 nitrite de potassium
E250 nitrite de sodium
E251 nitrate de sodium
E252 nitrate de potassium
E280 acide propionique
E281 à E283 propionate de sodium, calcium ou potassium
E284 acide borique

- **<u>les émulsifiants, stabilisants, épaississants et gélifiants :</u>**

Ce sont des substances utilisées pour leur rôle technologique apporté lors des procédés de fabrication des aliments :

- **<u>émulsifiants</u>** : rôle dans la réalisation ou le maintien d'un mélange homogène de deux ou plusieurs phases non miscibles entre elles

| |
|---|
| *<u>Applications :</u> les glaces, crèmes glacées, sorbets, les produits de pâtisserie à base de pâte battue aux œufs, les produits de la confiserie contenant des matières grasses* |

- **<u>stabilisants :</u>** rôle dans le maintien d'un état physico-chimique à une fabrication. *Les stabilisants comprennent les substances qui permettent de maintenir la dispersion homogène de deux ou plusieurs substances non miscibles dans une denrée alimentaire, les substances qui stabilisent, conservent ou intensifient la couleur d'une denrée alimentaire ainsi que les substances qui augmentent la capacité de liaison des denrées alimentaires, y compris la réticulation entre protéines permettant la liaison de morceaux d'aliments dans les aliments reconstitués*

| |
|---|
| *<u>Applications</u> : décors, nappages, fourrage des produits de pâtisserie, dans les confiseries et les pâtes de fruits…* |

- **<u>épaississants et gélifiants :</u>** rôle dans l'augmentation de la viscosité des fabrications, gélification à chaud et/ou à froid.

| |
|---|
| *<u>Applications :</u> préparations laitières, stabilisateurs de glaces et sorbets, … pâtes de fruits (pectine), …* |

Ils peuvent être soit d'origine :

- <u>naturelle :</u>

E322 lécithines
E400 acide alginique
E401, E402 alginate de sodium, de potassium
E403, E404 alginate d'ammonium, de calcium
E406 agar-agar
E407 carraghénanes
E407a algues eucheuma traitées
E410 farine de graines de caroube
E412 gomme de guar
E413 gomme adragante
E414 gomme arabique
E415 gomme xanthane
E416 gomme karaya
E417 gomme tara
E418 gomme geliane
E425 konjac
E426 hémicellulose de soja
E440 pectines
E445 esters glycériques de résines de bois
E460 cellulose
E470a sels de sodium, de potassium et de calcium d'acides gras
E471 mono et diglycérides d'acides gras
E472a à E472f esters d'acides gras
E474 sucroglycérides
E1103 invertase

- <u>ou synthétique :</u>

E405 alginate de propanol
E432 à E436 polysorbate 20 à 65
E442 phosphatides d'ammonium
E444 isobutyrate acétate de saccharose
E461, E463, E464 alkyles de cellulose
E465 méthyléthylcellulose

E466 gomme de cellulose
E468 carboxyméthylcellulose de sodium réticulée
E469 gomme de cellulose hydrolysée de manière enzymatique
E473 sucroesters d'acides gras
E475 esters polyglycériques d'acides gras
E476 polyricinoléate de polyglycérol
E477 esters de propane-1,2-diol d'acides gras
E479b huile de soja thermooxydées
E481, E482 stéarol-2-lactylate de sodium, de calcium
E483 tartrate de stéaroyle
E491 à E495 dérivés de sorbitane

Un autre stabilisant est souvent utilisé en Pâtisserie – Glacerie - Chocolaterie – Confiserie : le E420 sorbitol (il peut être classé dans la famille des édulcorants, mais est souvent utilisé comme stabilisant) :
- **les édulcorants** : ce sont des substances utilisées principalement pour conférer aux denrées alimentaires une saveur plus ou moins sucrée

Applications :
*- Biscuiterie-pâtisserie : conservateur de la fraîcheur des cakes, macarons, madeleines, pains d'épices, pains de gênes, roulés, savoie, etc...*
*- Confiserie - chocolaterie : conservateur de la fraîcheur et de la plasticité (effet texturant) des pâtes d'amandes, ganaches, pralinés, gommes (chewing-gums dragéifiés ou non), guimauve, pâtes de fruits*
*- Utilisations d'isomalt par les industriels en combinaison avec d'autres édulcorants, dans des préparations de confiseries, chocolats, pâtisseries cuites …*

Les édulcorants se distinguent en fonction de leur pouvoir sucrant :
- **édulcorants intenses** : pouvoir sucrant élevé à très élevé (de 100 à 3000 fois supérieur au saccharose), valeur calorifique très faible par rapport au sucre de référence (le saccharose), absence de masse apportée aux fabrications, non fermentescibles

Les principaux sont : l'aspartam, l'acesulfame de potassium, la saccharine, le sucralose.
- **édulcorants de masse ou polyols :** pouvoir sucrant assez proche de celui du sucre de référence (de 0,4 à 1,5 environ), valeur calorifique plus faible que le sucre de référence, pouvoir non cariotique

Les principaux sont : le sorbitol, le maltitol, l'isomalt, le lactitol, le xylitol, le mannitol, l'érythritol.
Affichages [106] :
- « sans sucres ajoutés » correspondant à l'absence d'adjonction ni de sucre (que ce soit des monosaccharides tels glucose ou fructose, ou des disaccharides tels saccharose ou maltose), ni de toute autre substance édulcorante
- « allégé en … » / « teneur réduite en sucre » correspondant à la réduction de 25% en poids du nutriment utilisé par rapport au produit de référence

Affichage (dans le cas d 'édulcorants intenses) : denrées alimentaires sans sucres ajoutés ou à valeur énergétique réduite
- « à valeur énergétique réduite … » , correspondant à une réduction d'au moins 30% de la valeur énergétique du produit de référence

- origine naturelle :

E953 isomalt (pouvoir sucrant : 45 à 65, valeur calorique : 2 Kcal/g ; commercialisé à des granulations différentes : ST-M : 0,5 à 3 ,5 mm / ST-F : 0,2 à 0,7 mm ou ST-PF : 0,1 mm)
E957 thaumatine

- origine synthétique :

E420 sorbitol (pouvoir sucrant : 50 à 70, valeur calorique : 2,6 Kcal/g)
E421mannitol (pouvoir sucrant : 40 à 70)
E950 acésulfam – k (pouvoir sucrant : 100 à 200)
E951 aspartam (pouvoir sucrant : 100 à 200)
E954 saccharine (édulcorant le plus ancien, découvert par hasard par un chimiste du nom de Fahlberg en 1875 ; étiquetage : « ne convient pas à la femme enceinte » ; pouvoir sucrant : 300 à 400)
E955 sucralose

[106] Bulletin n°13, Ecole Nationale Supérieure de la Pâtisserie, Confiserie, Glacerie, Chocolaterie, Traiteur – Yssingeaux, Sylvia Pétrowitsch

E959 néohéspéridine-DC

1. E965 maltitol (produit obtenu par hydrogénation d'un sirop de glucose riche en maltose ; pouvoir sucrant : 80 à 90, produit non cariotique, propriétés du maltitol sensiblement identiques au saccharose ; faible index glycémique et une faible réponse insulinémique (particulièrement adapté aux régimes à apport glucidique contrôlé) : faible valeur calorique (2,4 kcal/g) ; adapté aux produits bénéficiant de l'appellation « sans sucre » ou « sans sucre ajouté »)
2. E966 lactitol (pouvoir sucrant : 30 à 40)

E967 xylitol (pouvoir sucrant : 100 ; pouvoir cariotique)
E968 érythritol (pouvoir sucrant : 60 à 80)

- **les anti-cristallisants :**

D'autres additifs alimentaires (parmi les inclassables) jouent un rôle important dans la stabilité des sucres (comme agents anti-cristallisants).
Il s'agit notamment des additifs alimentaires E334 acide tartrique et E336 crème de tartre.

*D'autres additifs alimentaires existent ; si ils ne révèlent pas d'influence notable sur l'activité de l'eau, ils peuvent jouer un rôle dans la stabilité des caractéristiques organoleptiques des denrées alimentaires durant le temps de leur conservation :*

*- les colorants : ce sont des sont des substances utilisées pour améliorer la présentation des denrées alimentaires, en ajoutant ou renforçant la couleur dans les fabrications suivantes : produits de la biscuiterie et de la pâtisserie, fruits destinés à être confits au sucre, confiserie, glaces - crèmes glacées – sorbets, fourrages de produits de chocolat*

- *origine naturelle :*

*E100 curcumine*
*E101 vitamine B2*
*E120 carmin*
*E140 chlorophylle, chlorophylline*
*E141 complexes cuivriques de la chlorophylle et de la chlorophylline*
*E150a caramel*
*E153 charbon végétal médicinal*
*E160a caraténoïdes*
*E160b bixine, norbixine*
*E160c extraits de paprika*
*E160d lycopène*
*E161b lutéine*
*E161g canthaxanthine*
*E162 rouge de betterave*
*E163 anthocyanes*
*E170 carbonate de calcium*
*E171 dioxyde de titane*
*E172 oxydes de fer, hydrioxydes de fer*
*E173 aluminium*
*E174 argent*
*E175 or*

- *origine synthétique :*

*E101 riboflavine – 5'-phosphate*
*E102 tartrazine*
*E104 jaune de quinoléine*
*E110 jaune orange »S »*
*E122 azorubine*
*E123 amarante*
*E124 ponceau 4R, rouge cochenille A*
*E127 érythrosine*
*E128 rouge 2G*

*E129 rouge « allura » AC*
*E131 bleu patenté V*
*E132 indigotine*
*E133 bleu brillant FCF*
*E142 vert brillant BS*
*E150b à E150d caramel de sulfite caustique, ammoniacal et au sulfite d'ammonium*
*E151 noir brillant BN*
*E154 brun FK*
*E155 brun HT*
*E160e β-apo-carotenol-8'*
*E160f ester éthylique de l'acide β-apo-carotenol-8'*
*E180 litholrubine-BK*

*Les autres - inclassables :*
*Cette famille d'additifs comprend diverses substances aux fonctions diverses :*

- ***Poudre à lever et agents levants** : substance utilisée pour aérer certaines fabrications, augmenter leur volume (par la production de gaz carbonique sous l'action de la température et dans certains cas de l'humidité) ; Composition de la poudre à lever :*

*- un composant actif : E500 bicarbonate de sodium, E501 bicarbonate de potassium, qui provoque en présence d'humidité et de chaleur un dégagement de gaz carbonique*
*- un composant acide : E330 acide citrique, E334 acide tartrique, E331 Citrate de sodium ou E332 citrate de potassium, E450 polyphosphates qui accélère le dégagement de gaz carbonique et supprime le bicarbonate de sodium après cuisson ;*
*- un produit neutralisant (souvent des matières complémentaires comme la fécule, l'amidon, la farine de riz) qui neutralise l'action du bicarbonate de sodium en contact avec l'humidité de l'air, empêchant une réaction chimique prématurée.*

- ***Acidifiants et correcteurs d'acidité** : substance utilisée pour conférer une saveur acidulée e/ou rehausser l'acidité d'une denrée alimentaire,*
- ***Anti-agglomérants** (exemple : E551) substance utilisée pour éviter la prise en masse de certaines préparations déshydratées, dans les préparations de type : sucre glace, sucre vanilliné, base déshydratée de mousse au chocolat)*
- ***Exhausteurs de goûts** (exemple : E621) : substance utilisée pour relever le goût et/ou l'odeur d'une denrée alimentaire dans toute préparation (denrées et boissons) de type industriel*
- ***Agents d'enrobage** (exemple : E901) : substance utilisée pour conférer un aspect brillant aux préparations alimentaires ou constituer une couche protectrice dans les fonds de tarte, de tartelette, …*
- ***Agents moussants** (exemple : E942) : substance utilisée pour assurer la dispersion homogène d'une phase gazeuse dans une denrée alimentaire liquide ou solide, pour crème ou crème légère sous pression, …*
- ***Agents humectants** (exemple : E170) : substance utilisée pour empêcher le dessèchement des denrées alimentaires en compensant les effets d'une faible humidité atmosphérique ou favoriser la dissolution d'une poudre en milieux aqueux*
  - *origine naturelle :*

*E170 carbonate de calcium*
*E260 acide acétique*
*E261 à E263 acétate de potassium, de sodium, de calcium*
*E270 acide lactique*
*E290 dioxyde de carbone, acide carbonique*
*E296 acide malique*
*E325 à E327 lactate de sodium, de potassium, de calcium*
*E330 acide citrique*
*E331, E332 citrates de sodium, de potassium*
*E333 citrates de calcium*
*E334 acide tartrique*
*E335, E336 tartrates de sodium, de potassium*
*E337 tartrates doubles de potassium et de sodium*
*E338 acide orthophosphorique*
*E339, E340, E341, E343 orthophosphates de sodium, de potassium, de calcium, de magnesium*
*E459 β-cyclodextrine*
*E350 à E352 malates de sodium, de potassium, de calcium*

*E552 silicate de calcium*
*E553a silicate et trisilicate de magnesium*
*E553b talc*
*E554 à E556 silicate aluminosodique, aluminopotassique, aluminocalcique*
*E558 bentonite*
*E559 kaolin*
*E570 acides gras*
*E575 à E578 glucono-delta-lacton à gluconate de calcium*
*E620 acide glutamique*
*E630 acide ionisique*
*E631 à E633 inosinates*
*E634 5'ribonucléotide de calcium*
*E635 5'ribonuclétodie disodique*
*E650 acétate de zinc*
*E901 cire d'abeille*
*E902 cire de candelilla*
*E903 cire de carnauba*
*E904 shellac*
*E905 cire microcristalline*
*E912 esters de l'acide montanique*
*E920 L-cystéine*
*E927b carbamide*
*E938 argon*
*E939 hélium*
*E941 azote*
*E942 protoxyde d'azote*
*E948 oygène*
*E949 hydrogène*
*E999 extraits de quillaia*
*E1404, E1410, E1412 à E1414, E1420, E1422, E1450, E1451 amidons modifiés*
*E1505 citrate de triéthyle*
*E1520 propylène glycol*

- *origine synthétique :*

*E297 acide fumarique*
*E353 acide métatartrique*
*E354 tartrate de calcium*
*E355 acide adipique*
*E356, E357 adipate de sodium, de potassium*
*E363 acide succinique*
*E380 citrate de triammonium*
*E385 calcium disodium EDTA*
*E422 glycérine*
*E431 stéarate de polyoxyéthylène*
*E450 à E452 polyphosphates*
*E500, E501, E503, E504 carbonates de sodium, potassium, d'ammonium, de magnésium*
*E507 acide chlorhydrique*
*E508, E509, E511 chlorure de potassium, de calcium, de magnésium*
*E512 chlorure d'étain II*
*E513 acide sulfurique*
*E514, E515 sulfates de sodium, de potassium*
*E516 sulfates de calcium*
*E517 sulfate d'ammonium*
*E520 à E523 sulfates d'aluminium*
*E524 à E526 hyroxyde de sodium, de potassium, de calcium*
*E527, E528 hydroxyde d'ammonium, de magnésium*

*E529, E530 oxyde de calcium, de magnésium*
*E535, E536, E538 ferrocyanure de sodium, de potassium, de calcium*
*E541 phosphate acide d'aluminium sodique*
*E551 dioxyde de silicium*
*E574 acide gluconique*
*E579 gluconate ferreux*
*E585 lactate ferreux*
*E621 à E625 glutamates*
*E626 acide guanylique*
*E627 à E629 guanylates*
*E640 glycine et son sel de sodium*
*E900 huile de silicone*
*E914 cire de polyéthylène oxydée*
*E943a butane*
*E943b isobutane*
*E944 propane*
*E1200 polydextrose*
*E1201 polyvinylpyrrolidone*
*E1202 polyvinylpolypyrrolidone*
*E1518 triacétine*

### 1.6.3.3 La stabilisation par la maîtrise des mélanges et des fabrications : MISE A JOUR 26 AVRIL 2008

De la qualité de l'action mécanique de dispersion et d'amalgamation des ingrédients entre – eux dépendent aussi la stabilité des ingrédients et des fabrications.

En industrie, le matériel nommé « homogénéisateur » utilisé dans le cas du lait avant son traitement thermique et sa commercialisation est un exemple d'action mécanique appliquée à une matière première pour la stabiliser : il agit en appliquant une forte pression sur le lait, ce qui a pour effet de scinder les globules de matière grasse en minuscules particules, de manière à garantir leur dispersion dans l'ensemble de la phase aqueuse (la caséine, entourant chaque globule de matière grasse, assurant ensuite leur maintien en suspension par ses propriétés tensio-actives).
D'autres matériels ont cette même fonction de stabilisation des mélanges : par exemple les amalgameurs en Charcuterie.

Dans l'artisanat, des matériels électromécaniques adaptés au type de production combinent différents agents de stabilisation, par exemple :

- **une action mécanique intense** : cas des batteurs – mélangeurs, des mixeurs, des cutters, des pétrins, …

Ces matériels assurent l'homogénéité des mélanges (cas du pétrin dans la fabrication des pâtes levées fermentées, du batteur – mélangeur dans la fabrication des pâtes : pâtes friables, pâte à choux, …, cas du cutter dans la fabrication des pâtes fraîches, de la pâte à brioche, …), la dispersion et la stabilité des composants des mélanges (cas du batteur – mélangeur dans le foisonnement des blancs d'œufs, de la crème liquide, de la crème au beurre, … ; du mixeur dans l'homogénéité des ganaches, de la crème anglaise après cuisson, des mix à glaces et à sorbets avant turbinage, …) ;

- **une action mécanique intense à une absence d'air** : cas des cutters sous – vide, ….

Ces matériels permettent l'homogénéité des mélanges en réduisant le risque d'incorporation d'air (cas des fabrications sensibles ou demandant une conservation prolongée de type ganache pour bonbons, …) ;

- **une action mécanique intense à un froid négatif** : cas de la turbine à glace, de la sorbetière, …

Ces matériels associent un refroidissement rapide à une agitation mécanique, permettant non seulement le mélange homogène des ingrédients, la prise en masse de la fabrication mais aussi son foisonnement ;

- **une action mécanique intense à une grande pression et un froid négatif** : cas du pacojet

Ce matériel, utilisé dans la fabrication de glaces et de sorbets, de farces, de mélanges divers … tire sa particularité de pouvoir combiner deux agents de stabilisation différés dans le temps :
  - o une stabilisation des fabrications au froid négatif (surgélation) dans des récipients fermés hermétiquement de petit volume (inférieure à 1 litre) ;
  - o un mélange instantané de tout ou partie de la fabrication, sous l'action combinée du froid négatif, de la pression et d'une action mécanique intense et une stabilisation des fabrications préalablement à son utilisation pour une consommation directe ;

- **une action mécanique intense à une température élevée alternée une température basse :** cas du pasteurisateur à crème.

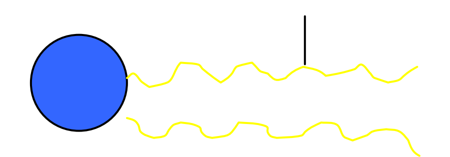
Ce matériel, utilisé par exemple dans la fabrication de la crème anglaise, de mix à glaces, de la crème pâtissière, permet d'associer une pasteurisation, à une maturation (dans le cas de la crème anglaise et des mix à glaces par exemple) et/ou un refroidissement conforme à la réglementation en vigueur.

- **une action mécanique intense corrélée à l'ajout de produits tensio-actifs (dans le cas d'un mélange phase aqueuse / phase grasse)**

Pour mélanger une phase aqueuse à une phase grasse, il faut ajouter un agent émulsifiant, jouant le rôle de tensio-actifs. La particularité de certaines protéines ou de phospholipides (**les tensioactifs**) est d'abaisser la tension superficielle des liquides en s'adsorbant aux interfaces huile – eau ou gaz – eau, pour mettre en contact leurs parties hydrophiles à la phase aqueuse, et leurs parties hydrophobes vers la phase non aqueuse.

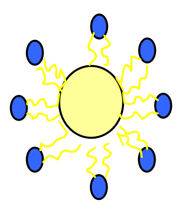
*NB : Agents tensioactifs = Agents émulsifiants = Agents émulsionnants*

**Schématisation d'une molécule tensio-active de type phospholipide**



Pôle hydrophile, soluble dans l'eau (Tête polaire)

Pôle lipophile ou hydrophobe, soluble dans les composés lipidiques



Positionnement des émulsifiants dans une émulsion stabilisée à la surface des gouttelettes de matière grasse

Une **émulsion** correspond à une dispersion de gouttelettes de matière grasse dans un liquide, ou inversement de gouttelettes d'eau dans la matière grasse, dispersion maintenue pour empêcher leur coalescence (correspondant au regroupement et à la fusion des gouttelettes de matières grasses entre elles) et la déstabilisation de l'émulsion.

Une émulsion d'eau dans huile correspond à une dispersion de gouttelettes d'eau dans une phase grasse.

Une émulsion d'huile dans eau correspond à une dispersion de gouttelettes de matière grasse dans une phase aqueuse

Il est fréquent que la phase continue dans une émulsion soit de fraction volumique plus importante (cas de l'eau dans le lait ou de la crème – émulsion de type H/E) ; dans le cas contraire, on parle « d'émulsion concentrée »[107] : exemple de la ganache ou de la mayonnaise, qui constituent des émulsions de type H/E, l'eau en quantité faible constituant la phase continue du mélange.

Une émulsion peut se présenter sous différents états ; fluide, crémeux, gélifié.

*Exemples :*
*Le battage prolongé de la crème conduit à la rupture de l'émulsion : les gouttelettes de matière grasse fusionnent, se regroupent (coalescence des gouttelettes) et la crème se sépare en deux phases : une phase grasse (beurre), une phase aqueuse (eau, protéines solubles, …). La rupture de l'émulsion est désirée dans le cas de la fabrication du beurre, accidentelle dans la technique de la crème fouettée.*
*Autre exemple :*
*La crème ganache est une émulsion de type matière grasse dans eau (H / E), stabilisée par les émulsifiants présents dans le chocolat (la lécithine) et dans la crème (les protéines). Plusieurs causes de rupture d'émulsion (dissociation entre la phase solide et la phase liquide) peuvent avoir lieu en pratique :*

- *soit un manque de phase aqueuse (déséquilibre du rapport matière grasse / eau) : ajouter dans ce cas, un liquide (lait, crème, jus de fruits, …) ;*
- *soit une mauvaise dispersion de la matière grasse dans l'eau : mixer dans ce cas pour homogénéiser ;*
- *soit un travail en ambiance trop chaude : mixer et faire prendre au froid.*

*Nouvelles applications (Hervé This) :*
*Utiliser le principe des sauces émulsionnées chaudes (type beurre blanc) pour l'appliquer à une pâtisserie et réaliser une sauce chocolat. Principe : Dans 20 cl de Rivesaltes, faire fondre 225 g de chocolat de couverture à 58%.. Verser dans la cuve d'un batteur, refroidir. Monter, foisonner pour obtenir une mousse de chocolat (émulsion mousseuse).*
*Réaliser une sauce émulsionnée à partir de jaune d'œuf cru dans lequel on ajoute en fouettant et progressivement du beurre fondu (Hervé This a baptisé cette sauce « Kientzheim », de l'alsacien kind (l'enfant) et heim (le foyer).*

Un exemple de produits émulsifiants : Gamme des Texturas mis au point par Albert et Ferran Adrià (sources : http://www.texturaselbulli.com/FRA/)

- **LECITE** : émulsifiant naturel à base de lécithine (de soja, non-transgénique), se présentant sous forme de poudre,

[107] « Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits », Volume 1 (Stabilisation biologique et physico-chimique), de Romain Jeantet / Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006 – page 305

soluble à froid

- **SUCRO** : émulsifiant provenant d'une réaction du saccharose et d'acides gras (sucroester), hydrophile (à dissoudre dans l'élément aqueux avant de procéder au mélange avec la matière grasse)
- **GLICE :** émulsifiant dérivé des graisses (obtenu à partir de la glycérine et des acides gras), lipophile (à dissoudre dans l'élément gras avant de procéder au mélange avec la solution aqueuse).

Les facteurs de stabilité d'une émulsion sont :

| | |
|---|---|
| **Niveau du ph** | A pH neutre : solubilité limitée des protéines, ce qui réduit les possibilités d'émulsion<br>A pH acide : diminution de la répulsion électrostatique entre les extrémités polaires des lécithines |
| **Niveau de la température** | Diminution de la stabilité des émulsions par coagulation des protéines (Exemple du beurre clarifié).<br>Stabilisation des émulsions par gélification des protéines (Applications en Charcuterie) |
| **Concentration protéique** | Nécessité d'un % minimum de protéines pour stabiliser l'émulsion (en règle générale, de 0,5 à 5%) |
| **Action mécanique** | En industrie, utilisation d'un homogénéisateur à hautes pressions dans le cas du lait pour disperser de manière homogène les particules de matière grasse dans l'eau<br>*Illustration du rôle de l'homogénéisateur à hautes pressions : passage du lait à travers une série de petits orifices sous haute pression, permettant une diminution par 5 de la taille de ses globules gras ; processus appliqué au lait avant traitements thermiques).* |

**Nature des agents émulsifiants**

**Classification suivant la nature de l'agent émulsifiant** :

| *NATURE* | **TYPE** | ***EXEMPLES[108]*** |
|---|---|---|
| *MATIERES GRASSES* | PHOSPHOLIPIDES | *LECITHINE E322, majoritairement extraite de l'huile de soja (teneur 2 à 3%).* <br> *Exemples d'utilisation : produits de boulangerie, chocolaterie, margarinerie, …* |
| | PHOSPHOLIPIDES *dans les cellules animales et végétales [109]* | *Végétaux (famille des liliacées) de type ail, oignon, échalote* |
| | GLYCERIDES <br> *Principale catégorie d'agents émulsifiants à usage alimentaire* | *MONOGLYCERIDES E471* <br> *et dérivés des monoglycérides E472* <br> *Exemples d'utilisation : cytoglycéride (en margarinerie, pour améliorer les propriétés de cuisson et réduire les projections lors des fritures), Acétoglycérides (stabilisation des mousses), dérivés du polyoxyde d'éthylène (dans les crèmes glacées et crèmes fouettées).* |
| *ESTERS* | *ESTERS de polyols, du saccharose, de l'acide lactique, …* | *SUCROESTERS (E473) et sucroglycérides (E474)* <br> *Exemples d'utilisation : crèmes glacées, produits de cuisson, margarinerie, …* <br> *ESTERS du sorbitol (E491-5) commercialisés sous le nom de « SPAN »* <br> *Exemple d'utilisation : stabilisation des cristaux de beurre de cacao dans le chocolat* |
| *PROTEINES* | Combinaison des molécules de caséine entre-elles par du phosphate de calcium, formant une structure tensioactive. | *CASEINE dans le lait* |
| *AMIDONS* | AMIDONS TRANSFORMES | *Cas de certains amidons modifiés présentant des fonctions tensioactives* |

**Nature des agents émulsifiants suivant la nature de l'émulsion :**

| | |
|---|---|
| *EMULSION H/E* | Lécithine (soja, jaune d'œuf), protéines *(Gomme, mucilage, dextrine, amidon, pectine)* |
| *EMULSION E/H* | Cholestérol, lécithine du soja |

*Applications :*

| **PRODUITS** | **PHASE GRASSE** | **EMULSIFIANT** | **TYPE** |
|---|---|---|---|
| Lait / crème | MG du lait | Protéines du lait | Emulsion H / E |
| Beurre | MG du lait | Protéines du lait | Emulsion E / H |
| Margarine | MG animale et/ou végétale | Lécithine <br> Mono et diglycéride d'acides gras | Emulsion E / H |
| Ganache | MG de la crème <br> Beurre de cacao <br> MG du beurre | Protéines de la crème <br> Lécithine de soja du chocolat | Emulsion H / E |
| Glace aux oeufs | MG lait + oeuf | Lécithine du jaune <br> Protéines du lait | Emulsion + Mousse |
| Crème glacée | MG lait + crème | Mono et diglycérides d'AG <br> Protéines lait et crème | Emulsion + Mousse |
| Mayonnaise | Huile tournesol /colza | Lécithine (jaune d'œuf, moutarde selon le cas) | Emulsion H / E |
| Aïoli | Huile d'olive | Molécules tensioactives de l'ail | Emulsion H / E |

108 « Science des aliments – Biochimie, Microbiologie, Procédés, Produits », Volume 1 (Stabilisation biologique et physico-chimique), de Romain Jeantet / Thomas Croguennec / Pierre Schuck / Gérard Brulé, Editions Tec & Doc, Février 2006 – page 333

109 « Casseroles & éprouvettes », Hervé This, Editions Belin – Pour la science, « Dérivés d'aïoli » page 200

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
| --- |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

#### 1.6.3.4 La stabilisation par la maîtrise des micro-organismes : MISE A JOUR 25 AVRIL 2008

##### 1.6.3.4.1 *L'action directe sur les micro-organismes responsables d'altération :*

| *TECHNIQUES DE CONSERVATION A FROID PAR ACTION DIRECTE SUR LES MICRO-ORGANISMES RESPONSABLES D'ALTERATION* | |
| --- | --- |
| *PRINCIPE* | Procédé à froid qui consiste à éliminer les micro-organismes responsables des altérations du produit en les soumettant soit à des rayonnements ou des fortes pressions, voire à les filtrer |
| *EXEMPLES* | - Traitement par ionisation (Exposition du produit à des rayonnements ionisants de type rayons gamma, X, électrons accélérés … agissant au cœur du produit ou en périphérie pour éliminer les bactéries pathogènes et des insectes ainsi que leurs œufs ou larves, et permettant aussi de stopper la germination des bulbes et tubercules) [110]. Effets progressifs (de simple inhibition à stérilisation) suivant la dose de rayonnement utilisé.<br>- Traitement par hautes pressions (Exposition du produit conditionné dans un sachet en plastique souple à une pression atmosphérique équivalent à 100 000 à 500 000 fois celle de la Terre)<br>- Traitement par champs électriques pulsés<br>- Traitement par champs magnétiques pulsés<br>- Traitement par champs électromagnétiques alternatif de très haute fréquence, type micro-ondes<br>- Traitement par lumière pulsée (Exposition du produit à un ou plusieurs flashs de lumière de très haute intensité)<br>- Microfiltration du lait et élimination des micro-organismes [111] par l'utilisation de membranes poreuses (diamètre d'ouverture des pores compris entre 0,1 et 10 µm) |
| *POINTS +* | - Recherche de conservation des qualités organoleptiques et nutritionnelles pour les nouvelles technologies de conservation (haute pression) |
| *POINTS -* | - Procédé industriel, au coût relativement important<br>- Procédé limité à certains types de produits (produits sous forme liquide dans le cas des produits traités par la lumière et la pression)<br>- Risque potentiel sanitaire (dans le cas de l'ionisation) |
| *APPLICATIONS* | - Traité par irradiation ou ionisation : oignons – échalotes – pommes de terre, la gomme arabique, les épices et aromates, les fruits (fraise, citron, …), les fruits secs (dattes, figues), …<br>- Traitement par ultra-haute pression : le guacamole par exemple<br>- Jus de fruits (Traitement par haute-pression, par rayonnement ultra-violet)<br>- Technique par lumière pulsée appliquée à : fruits, légumes, viandes non hachées |

[110] Mention obligatoire sur étiquetage : « Traité par rayonnements ionisants » ou « Traité par oinisation »
Rappel historique : Ernest Rutherford, prix Nobel de Chimie en 1908, découvreur des raoyonnements qu'il baptisa rayonnements alpha, bêta et gamma
[111] Article « *Le cru et le cuit* », de Hervé This – Thuriès Magazine Gastronomie n°149, Mai 2003

| *AUTRES TECHNIQUES AGISSANT DIRECTEMENT SUR LES MICRO-ORGANISMES* | |
|---|---|
| *EXEMPLES* | - Enrobage dans un alcool : fonction antiseptique<br>- Fumage ou boucanage : fonction antiseptique + modification de l'aw du produit<br>*A noter : la technique du fumage procède soit à froid (idéalement à une température inférieure à 30°C), voire à chaud (jusqu'à 80°C par paliers successifs).* |
| *POINTS +* | - Techniques de conservation naturelle<br>- Transformation des matières et bonification possible (notamment aromatique) avec un temps prolongé de conservation |
| *POINTS -* | - Techniques de conservation limitées à certaines matières premières<br>- Transformation irréversible des matières premières |
| *APPLICATIONS* | - DOA (viandes, volailles, poissons, …) : poisson – viande salé / fumé, …<br>- DOV (fruits à l'alcool, …) |

#### *1.6.3.4.2 L'action par les micro-organismes :*

| *TECHNIQUES DE CONSERVATION PAR ACTION DE MICRO-ORGANISMES* | |
|---|---|
| *PRINCIPE* | Procédé biologique permettant de tirer parti des microorganismes présents naturellement dans les matières premières ou ajoutés, lesquels contribuent en se reproduisant à améliorer les qualités nutritionnelles et organoleptiques des aliments. Procédé visant à favoriser une flore utile au détriment d'une flore indésirable, pouvant être responsable d'altérations diverses.<br><br>Procédé particulier : la Biopréservation[112]<br>Méthode biologique qui permet de réduire le risque microbiologique tout en préservant les qualités nutritionnelles et organoleptiques du produit. Repose sur la maîtrise de la croissance des microorganismes pathogènes et d'altération en utilisant des souches bactériennes à action inhibitrice (compétition nutritionnelle et/ou production de métabolites). |
| *EXEMPLES* | Processus de fermentation alcoolique, lactique, propionique (voir Fiche Précis Levures) |
| *POINTS +* | - Amélioration des qualités nutritionnelles et organoleptiques |
| *POINTS -* | - Procédé non adaptable à tous les aliments<br>- Modification des qualités organoleptiques de l'aliment |
| *APPLICATIONS* | - Fermentation panaire<br>- Fermentation lactique (Yaourt, fromages …)<br>- Fermentation propionique (Fromages à pâte pressée cuite)<br>- Légumes fermentés (choucroute, …)<br>- Fermentation dans la fabrication du café, chocolat, …<br>- Boissons alcoolisés (bière, …)<br>- Procédé de Biopréservation appliqué aux produits de la mer, carnés et laitiers<br>- ../.. |

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

[112] Source INRA http://www.inra.fr/la_science_et_vous/apprendre_experimenter/attention_microorganismes (mise à jour Novembre 2006)

### 1.6.3.5 La stabilisation par la maîtrise des températures ; MISE A JOUR 25 AVRIL 2008

Les traitements thermiques agissent directement sur les micro-organismes ou sur les agents responsables des dégradations enzymatiques.

#### *1.6.3.5.1 Le traitement thermique par le froid ;*

Le traitement thermique par le froid permet de stabiliser les matières premières et les fabrications en freinant voire en bloquant toute multiplication microbienne. Il procède aussi en ralentissant les phénomènes enzymatiques.

Comme le stipulent :

- le point 2 du chapitre IX – Dispositions applicables aux denrées alimentaires, dans l'annexe II du règlement 852/2004[113] :

*« Les matières premières et tous les ingrédients entreposés dans une entreprise du secteur alimentaire doivent être conservés dans des conditions adéquates permettant d'éviter toute détérioration néfaste et de les protéger contre toute contamination ».*

- le point 5 de l'article IX– Dispositions applicables aux denrées alimentaires, dans l'annexe II du règlement 852/2004 :

*« Les matières premières, les ingrédients, les produits semi-finis et les produits finis susceptibles de favoriser la reproduction de micro-organismes pathogènes ou la formation de toxines ne doivent pas être conservés à des températures qui pourraient entraîner un risque pour la santé. La chaîne du froid ne doit pas être interrompue. Toutefois, il est admis que de les soustraire à ces températures pour des périodes de courte durée à des fins pratiques de manutention lors de l'élaboration, du transport, de l'entreposage, de l'exposition et du service des denrées alimentaires, à condition que cela n'entraîne pas de risque pour la santé. Les exploitants du secteur alimentaire procédant à la fabrication, à la manipulation et au conditionnement de produits transformés doivent disposer de locaux adéquat suffisamment vastes pour l'entreposage séparé des matières premières, d'une part, et des produits transformés, d'autre part, et disposer d'un entreposage réfrigéré suffisant ».*

- le point 6 de l'article IX– Dispositions applicables aux denrées alimentaires, dans l'annexe II du règlement 852/2004 :

*« Lorsque les denrées alimentaires doivent être conservées ou servies à basse température, elles doivent être réfrigérées dès que possible après le stade de traitement thermique ou, en l'absence d'un tel traitement, après le dernier stade de l'élaboration, à une température n'entraînant pas de risque pour la santé ».*

Il faut distinguer dans les traitements thermiques par une température régulée :

- o **la conservation à une température ambiante inférieure à +15°C,** notamment dans le cas des produits chocolatés (type bonbons de chocolat, de décors en chocolat, …).

Le maintien à une température inférieure à +15°C, et dans un environnement au taux d'hygrométrie moyen de 60% permet de stabiliser les masses de chocolat. Cette température limite la déstabilisation du beurre de cacao composant le chocolat ; en effet, l'un des triglycérides composant le beurre de cacao a son point de fusion à +16°C

*NB : il faut toutefois souligner :*
*- que les proportions d'acide gras dans le beurre de cacao varient en fonction des origines des cacaos et des époques de récolte des fèves*
*- que le niveau d'insaturation de chaque triglycéride détermine leur point de fusion, et leur point de solidification*

113 Règlement 852/2004 ou « règlement hygiène »

- **la réfrigération** (procédé consistant à conserver la température à l'intérieure d'une enceinte à une température inférieure à +10°C et supérieure à 0°C).

Exemple : La conservation en réfrigération à une température inférieure à +4°C est recommandée pour les denrées non stables à température ambiante de type viandes froides, pâtes farcies, sandwiches, salades composées, produits transformés non stables à base de viandes – volailles – produits de la pêche – crème – lait cru, fromage préemballé, végétaux crus prédécoupés et dérivés, jus de fruits ou légumes de pH>4,5, produits décongelés, produits non stables en distribution automatique
La conservation en réfrigération des poissons, crustacés et des mollusques est plus restrictive : sur glace fondante, entre 0 et +2°C.
La conservation des œufs coquille est recommandée à une température supérieure à + 5°C, et dans la mesure du possible stable, dans des locaux propres, secs et exempts d'odeurs étrangères, protégés contre les chocs et les effets de la lumière.
NB : la réfrigération des œufs est déconseillée, dans la mesure où les œufs réfrigérés puis maintenus à température ambiante peuvent se couvrir d'humidité en surface, facteur de risques de prolifération microbienne et de contamination croisée.
La conservation des produits laitiers frais, des desserts lactés, des beurre et matières grasses, des produits stables à base de viande tranchée est possible à une température maximale de +8°C.

- **la surgélation**, procédé défini officiellement par le décret du 9 septembre 1964, qui définit dans son extrait de l'article premier : « *Le qualificatif surgelé ou tout autre dénomination ou dérivé de ce mot est réservé aux produits alimentaires ou boissons qui ont été soumis en vue de leur stabilisation à un abaissement de température suffisant pour permettre l'obtention à cœur d'une température égale ou inférieure à –18°C, appliquée le plus tôt possible après la capture, la cueillette, l'abattage ou la préparation. L'opération de surgélation doit être conduite de manière à franchir le plus rapidement possible la zone de température de cristallisation maximale* ».

*NB : la valeur de –18°C a été réglementairement retenue pour sa correspondance avec le 0° Fahrenheit et par le constat d'arrêt de la multiplication des levures et moisissures.*

La surgélation se caractérise par :

- la rapidité du refroidissement (exemple : surgélateur, tunnel de refroidissement, …), notamment à cœur du produit (ce qui nécessite la disposition du produit sous une faible épaisseur pour faciliter l'extraction de la chaleur au cœur du produit) ;
- le maintien de la température en dessous de -18°C tout au long de la conservation,
- selon le produit, son état de fraîcheur (dans le cas des denrées fraîches n'ayant pas subi de cuisson) et sa salubrité (dans le cas des denrées manipulés et les fabrications): il est extrêmement important de réserver uniquement en conservation les fabrications dont la qualité microbiologique est maîtrisée (par exemple, les fabrications ayant subi une cuisson pasteurisatrice complète).

*Exemple : conservation en surgélation à une température inférieure ou égale à -20°C dans le cas des glaces, crèmes glacées, sorbets (durcir après turbinage à -40°C afin d'éviter l'apparition de glace hydrique sous forme de gros cristaux sous l'action d'une température négative lente) ; conserver à une température inférieure à -18°C tout aliment surgelé (purées ou pulpes de fruits surgelées, ovoproduits surgelés, …)*
*Remarque : la température de conservation recommandée des glaces destinées à une consommation immédiate est comprise entre –15 et –18°C.*

Le GBPH en Pâtisserie propose le terme de **congélation ventilée** pour désigner « la technique de descente en température des aliments par action d'un froid négatif appliqué rapidement et précocement, sur des denrées de grande fraîcheur et par la suite, tout au long de leur stockage jusqu'à leur utilisation finale »[114]

[114] Guide des bonnes pratiques d'hygiène en Pâtisserie, réalisé par la Confédération nationale de la Boulangerie et Boulangerie – Pâtisserie française, et par le Confédération nationale de la Pâtisserie – Confiserie – Chocolaterie – Glacerie de France, validé par décision du 19 décembre 1997.

- **la congélation** (procédé consistant à abaisser la température d'un produit en toutes ses parties au dessous de son point de congélation initial à une température comprise entre – 10 et – 20°C)

La congélation, à la différence de la surgélation, se caractérise par un refroidissement lent : il est extrêmement important de ne pas utiliser ce type de refroidissement pour les fabrications et plus généralement pour les denrées alimentaires fragiles.
En effet, la taille et la configuration des cristaux dépendent principalement de la durée et de la puissance du refroidissement :
- en phase de refroidissement lente (congélation), les cristaux ont tendance à grossir exagérément, et à présenter des facettes saillantes. L'eau a alors tendance à se dilater fortement. Cette formation de gros cristaux présente le risque de provoquer l'altération des denrées alimentaires : à la décongélation, l'altération des cellules animales ou végétales par les parties saillantes des cristaux de glace formées permettent la libération d'une partie de l'eau de constitution des denrées, et la formation d'un exsudat d'eau en surface (cette eau peut alors être le substrat d'un développement microbien important).
Ce peut être le cas aussi de produits chocolatés (exemple : bonbons de chocolat) dont l'opération de cristallisation n'a pas été atteinte de manière homogène et conservés en congélation : la technique de conservation au froid négatif requiert soit un refroidissement rapide, soit une stabilisation préalable des fabrications pendant un minimum de 12 heures à une température maximale de +15°C.
- en phase de refroidissement rapide (surgélation), l'eau cristallise sous forme de petits cristaux homogènes, ce qui limite la déstabilisation interne de la structure du produit.

**<u>Une conclusion :</u>**
La technique de la surgélation sera réservée à toutes les denrées alimentaires devant être refroidis très rapidement, pour les stabiliser et atteindre une température :

- inférieure à +10°C à cœur (mais supérieure à 0°C) dans un délai très court dans le cas d'une conservation en réfrigération ;
- inférieure à -18°C à cœur dans un délai très court dans le cas d'une conservation au minimum à - 20°C dans le cas des glaces, crèmes glacées, sorbets ; à -18°C dans le cas de tout aliment surgelé (purées ou pulpes de fruits surgelées, ovoproduits surgelés, …) ; entre –15 et –18°C dans le cas des glaces destinées à une consommation immédiate

La conservation peut être menée soit au congélateur soit dans des équipements de type surgélateur – conservateur si et seulement si les températures de conservation à cœur des produits sont respectées.

- **un point sur la décongélation :**

Comme le stipule le point 7 du chapitre IX – Dispositions applicables aux denrées alimentaires, dans l'annexe II du règlement 852/2004 :

*« La décongélation des denrées alimentaires doit être effectuée de manière à réduire au maximum le risque de développement de micro-organismes pathogènes ou la formation de toxines dans les denrées alimentaires. Pendant la décongélation, les denrées alimentaires doivent être soumises à des températures qui n'entraînent pas de risque pour la santé. Tout liquide résultant de la décongélation susceptible de présenter un risque pour la santé est évacué d'une manière appropriée. Après leur décongélation, les denrées alimentaires doivent être manipulées de manière à réduire au maximum le risque de développement de micro-organismes pathogènes ou la formation de toxines ».*

La décongélation est une étape présentant des risques de déstabilisation des denrées alimentaires si les points clefs suivants ne sont pas respectés :

- dans la mesure du possible, réduire le temps de décongélation des denrées à son strict minimum : c'est le cas par exemple de l'utilisation des produits dans les fabrications sans décongélation préalable ou soumis à une décongélation rapide (au micro-ondes par exemple).

Exemple : l'utilisation de pulpes ou de purées de fruits surgelés dans la fabrication de sauces ou coulis, de confiseries (pâtes de fruits), ….

- dans les autres cas majoritaires, procéder à la décongélation lente de la juste quantité nécessaire de denrées, en les maintenant à une température de réfrigération (température inférieure à +4°C), si possible dans leurs conditionnements d'origine ou protégées des contaminations croisées (film, récipient de décongélation, …), et isolées d'éventuelles formations d'exsudat d'eau (sur grille ou autres …).

Le traitement thermique par le froid permet aussi de stabiliser les matrices alimentaires par les transformations physico-chimiques de certains ingrédients, notamment :

- la cristallisation de la matière grasse

*Exemple : sous l'action du froid, la structure des granules d'amidon et d'eau se stabilise par la cristallisation de la matière grasse au froid. Quel que soit l'amidon utilisé, une crème pâtissière composée de plus de 200 g de beurre au litre de lait est stable en conservation au froid.*

- la gélification des amidons : sous l'action d'une température basse, on assiste à un raffermissement et à une rigidification de l'amidon, conduisant à la formation d'un gel uniforme, provoquant une augmentation simultanée de la viscosité des fabrications fluides et semi-fluides, et la consolidation de la structure rigide de certaines fabrications

#### *1.6.3.5.2 <u>Le traitement thermique par la chaleur ;</u>*

Le traitement thermique par la chaleur permet d'assainir les fabrications de tout ou partie des agents microbiens qui peuvent causer des troubles de santé chez les consommateurs ou la dégradation de l'aliment lui-même. Il peut éliminer les agents responsables des dégradations enzymatiques.
Ils consistent à soumettre une matière à une température élevée, selon un temps défini (respect d'un couple temps / température) de manière à détruire soit la flore pathogène, soit l'ensemble de la flore microbienne ainsi que les enzymes d'altération. Les techniques de conservation par la chaleur tendent à trouver le couple temps / température idéal pour conserver les qualités nutritionnelles et organoleptiques du produit, tout en lui assurant un temps de conservation prolongé

Comme le stipule le chapitre XI de l'annexe II du règlement 852/2004 :

« *Traitement thermique*
*Les prescriptions suivantes ne s'appliquent qu'aux denrées alimentaires mises sur le marché dans des récipients hermétiquement fermés.*

1. *Tout processus de traitement thermique utilisé pour transformer un produit non transformé ou pour transformer davantage un produit transformé doit :*

   a) *amener chaque élément du produit traité à une température donnée pendant un laps de temps déterminé,*

   *et*

   b) *empêcher le produit de subir une contamination pendant la transformation.*

2. *Pour faire en sorte que le processus utilisé atteigne les objectifs voulus, les exploitants du secteur alimentaire doivent régulièrement vérifier les principaux paramètres pertinents (notamment la température, la pression, le scellement et la microbiologie), y compris par l'utilisation de dispositifs automatiques.*
3. *Le processus utilisé devrait satisfaire à une norme reconnue à l'échelle internationale (par exemple la pasteurisation, l'ultra-haute température ou la stérilisation) ».*

.

a. la pasteurisation, traitement thermique à une température inférieure à 100°C, suivi d'un refroidissement brutal et une conservation à +4°C

Exemple de pasteurisation : pasteurisation « basse » dans le cas du lait (T° 60-65°C, 30mn), la pasteurisation « haute » (T° 82-85°C, 1mn), la « flash pasteurisation » (T° 92-95°C, 1s)

Pour que la destruction microbienne soit efficace, le GBPH en Pâtisserie précise :
- l'atteinte d'une température de 83°C à cœur pendant 1 minute minimum dans le cas de la cuisson de la crème anglaise ;
- la cuisson au four à 195°C pendant 8 minutes 30 pour atteindre 85°C à cœur dans le cas de la cuisson d'une génoise

NB : ces couples temps / température sont donnés à titre indicatif et sont à confirmer par le professionnel par des contrôles (à l'aide de thermomètres) et des analyses microbiologiques et des tests de vieillissement (pour attester la validité des procédures de cuisson).

Par contre, l'atteinte de l'ébullition ne signifie pas forcément l'élimination du risque microbien, et notamment des bactéries pathogènes. Non seulement un couple temps / température est à respecter dans les fabrications sensibles (notamment celles contenant des matières d'origine animale : œuf, lait, crème, …ou végétale : fruits, légumes, …), mais il faut savoir le rôle inhibiteur dans la conduction de la chaleur au cœur d'un produit des substances hydrocolloïdes de type amidon : en effet, au cœur d'un empois d'amidon, la température est inférieure à 80°C et ce malgré la formation des premières bulles de cuisson à la surface de la solution. L'action d'une température prolongée est nécessaire pour atteindre la pasteurisation

du mélange.
Application : Le GBPH indique un temps d'ébullition minimum de la crème pâtissière de 1mn 30 minimum après l'apparition de la première ébullition, pour atteindre 90°C à cœur) : ce couple temps / température indispensable pour pasteuriser la crème et éliminer d'éventuelles bactéries pathogènes, s'explique par la viscosité épaisse de la crème et la conduction lente de la chaleur au cœur du produit).

b. la stérilisation, traitement thermique à une température supérieure à 100°C suivi d'un refroidissement brutal

| |
|---|
| Exemple de stérilisation : la stérilisation « basse » (T° 115°C, 10 à 20 mn), la stérilisation « haute » (T°130-140°C, qq secondes), la stérilisation à « ultra-haute température » (T° 140-150°C, 2s). |

c. l'appertisation (du nom de son inventeur, Nicolas Appert, en 1810, et dont le brevet de l'autoclave a été repris par son neveu, Raymond Chevalier Appert en 1852). C'est un procédé permettant de maintenir un produit dans un récipient hermétiquement fermé, et de le soumettre à un traitement thermique sous pression (dans des machines appelées « autoclaves »).

Il convient de noter que l'action d'une température élevée permet de détruire les agents responsables des dégradations enzymatiques : une température d'ébullition au minimum de 5 minutes des jus de fruits élimine les enzymes pectinolytiques (pouvant être présentes dans des jus de fruits type tomate, orange, … et qui peuvent limiter la gélification des gels de pectine) ou les enzymes protéolytiques (type broméline dans l'ananas, ficine dans la figue, papaïne dans la papaye … qui peuvent inhiber la prise en gel de la gélatine).
D'autres enzymes peuvent être dénaturées sous l'action de la température : exemple de la lipase (enzymes dégradant les triglycérides composant les lipides) à 60°C.

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

Le traitement thermique par la chaleur permet aussi de stabiliser les matrices alimentaires par les transformations physico-chimiques de certains ingrédients, notamment :

- **<u>la gélification des protéines :</u>**

*Exemple : la dénaturation permet d'apporter la rigidité nécessaire pour fixer la structure des fabrications, et notamment :*
*- la tenue de certaines pâtes*
*Tenue des pâtes friables, des pâtes liquides et semi-liquides, des appareils à petits fours secs, …de certaines crèmes comme la cème d'amandes après cuisson*
*NB : Dans le cas de l'utilisation d'amidon, il est d'usage de diminuer la quantité d'œufs entiers dans la recette ; dans le cas contraire, il est d'usage d'augmenter sensiblement la quantité d'œufs entiers pour assurer la tenue de la crème d'amandes après cuisson.*
*- la stabilité de certains mélanges, notamment de type émulsion*
*Exemple de la technique du sabayon, de la crème ganache aux œufs, …, de la pâte levée non fermentée (les œufs contenus dans la pâte à cakes permettent sous l'action de la température de rigidifier la structure de la pâte après cuisson).*
*- l'augmentation de la viscosité de certains appareils, agissant dans le cas de foisonnement, sur l'aptitude de l'appareil à fixer et stabiliser les bulles d'air dans la masse*
*Exemple de la pâte à bombe sur base crème anglaise, très riche en jaunes d'œufs ce qui lui apporte une grande viscosité et une aptitude à foisonner.*
*Exemple de la crème anglaise avec un degré de viscosité fonction de la quantité de jaunes utilisés*
*Cas des génoises, des pâtes levées type brioche, des pâtes à bombe, …*
*- la structure alvéolée de certains appareils foisonnés après cuisson : la dénaturation des protéines en cuisson piége les bulles de gaz en formant une structure alvéolée et souple.*
*Cas des génoises, des biscuits, des pâtes levées type brioche, des appareils à soufflé, des biscuits, des pâtes levées non fermentées (type cakes)…*

- **<u>la gélatinisation des amidons :</u>** sous l'action de la température, les amidons se gélatinisent, et forment une structure rigide à certaines fabrications

*Tenue et texture des pâtes friables, pâtes à choux, pâtes fraîches, des pâtes levées non fermentées (exemple de la pâte à cakes), …*

### 1.6.3.5.3 <u>Un exemple en Chocolaterie : la stabilisation du chocolat de couverture par la technique de pré cristallisation (procédé thermique et mécanique) :</u>

La mise au point du chocolat correspond à une opération de « pré cristallisation dirigée » du beurre de cacao, donnant la stabilité à la masse de chocolat.
<u>NB :</u> *le terme « tempérage » est utilisé à tort pour désigner cette technique, car l'objectif n'est pas uniquement l'atteinte par la masse de chocolat d'une température moyenne dite « tempérée » (31°C), mais de provoquer un ensemencement spécifique en cristaux de matière grasse d'un type particulier.*

L'opération de « **pré cristallisation** » du chocolat est un procédé thermique et mécanique permettant :

- à la fonte du chocolat : une fusion de toutes les molécules de matière grasse (état liquide du chocolat) et une élimination de tous les cristaux ;

- au refroidissement : une cristallisation orientée de manière simultanée :
  - des triglycérides du beurre de cacao, notamment sous forme de cristaux beta prime et beta (le cristal beta est le seul cristal conférant des propriétés intéressantes pour le chocolat dont : sa stabilité en conservation, un point de fusion supérieure à la température ambiante, une brillance, une structure cassante et résistante, une résistance à la rétraction au froid.
  - mais aussi des éléments secs (cacao et sucre) à la remontée en température du chocolat, une destruction des cristaux autres que les cristaux beta, donnant au chocolat sa stabilité.

### 1.6.3.6 La stabilisation par la maîtrise du pH : MISE A JOUR 9 AOUT 2008

Le pH ou potentiel hydrogène indique le degré d'acidité ou de basicité d'un corps. Il se mesure à l'aide d'un pHmètre (ou du papier pH). Si une partie de l'acidité peut être perçue en bouche, il n'en est pas de même pour les solutions contenant des agents dits « masquants » (exemple du saccharose qui a la particularité de gommer la saveur acide d'un produit au pH mesuré acide : un vinaigre fortement sucré a le même pH qu'un vinaigre non sucré, même si en bouche, sa saveur est douce …). L'échelle de pH varie de 0 à 14

| *Gamme de pH* | *Echelle de pH* | *Exemple de produit* |
|---|---|---|
| | 0 | Acide chlorhydrique |
| | 1 | Acide picrique |
| | 2 | Acide acétique (vinaigre)<br>Jus de citron |
| ***pH acide***<br>*défavorable au développement des bactéries pathogènes et favorable au développement des bactéries acétiques, lactiques* | 3 | Fruits – Jus de fruits<br>Bière |
| | 4 | Vin<br>Yaourt *(4<pH<5)* |
| | 5 | Légumes *(5<pH<7)*<br>*Eau « Volvic »* |
| | 6 | Eau oygénée<br>Eau « Perrier »<br>Jaune d'œuf *(6<pH>7)* |
| ***pH neutre***<br>*favorable au développement des bactéries (notamment pathogènes)* | 7 | Sang – salive<br>Eau – Lait<br>Eau « Badoit », « Contrex », « Evian », « Vittel » |
| | 8 | Bicarbonate de sodium<br>Eau de mer – Blanc d'oeuf |
| | 9 | Ammoniac |
| | 10 | Phénol<br>Javel |
| ***pH basique** ou alcalin*<br>*légèrement favorable au développement microbien* | 11 | Carbonate de sodium |
| | 12 | Caféine |
| | 13 | Cyanure de sodium |
| | 14 | Soude normale |

A noter (contribution d'Eric Kalinowski, Pôle INRACQ d'Arras, 9 août 2008) :
Des récents essais ont prouvé que certaines Salmonelles (sérotypes : gaminara, hartford, rubislaw et typhimurium) ont survécu dans du jus d'orange pendant une période pouvant aller jusqu'à 27 jours à un pH ACIDE de 3,5 et 60 jours à un pH de 4,1.
*Lien : http://www3.interscience.wiley.com/journal/119946822/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0*

Pour abaisser le niveau de pH, il est possible d'utiliser :

- des ingrédients alimentaires (comme le vinaigre, le citron, …)

Il est à noter que qu'une réduction par chauffage (donc une concentration) n'entraîne pas forcément une élévation du niveau de ph (« il y a des vinaigres dont le ph diminue avec la réduction, d'autres dont le ph augmente, d'autres dont le ph diminue avant d'augmenter, enfin d'autres dont le ph augmente avant de diminuer » précise Hervé This[115]. La raison évoquée est la composition des vinaigres, notamment en plusieurs types d'acide, dont l'acide acétique, malique, …

- des additifs alimentaires (codifiés et réglementés) comme les acidifiants et correcteurs d'acidité (parmi les plus usités : E334 acide tartrique, E336 crème de tartre, E330 acide citrique)

Les acidifiants et correcteurs d'acidité peuvent être soit d'origine :

- naturelle :

E260 acide acétique
E261 à E263 acétate de potassium, de sodium, de calcium
E270 acide lactique
E290 dioxyde de carbone, acide carbonique
E296 acide malique
E325 à E327 lactate de sodium, de potassium, de calcium
E330 acide citrique
E331, E332 citrates de sodium, de potassium
E333 citrates de calcium
E334 acide tartrique
E335, E336 tartrates de sodium, de potassium
E337 tartrates doubles de potassium et de sodium
E338 acide orthophosphorique
E339, E340, E341, E343 orthophosphates de sodium, de potassium, de calcium, de magnesium
E459 β-cyclodextrine
E350 à E352 malates de sodium, de potassium, de calcium
E620 acide glutamique
E630 acide ionisique
E631 à E633 inosinates
E650 acétate de zinc
E912 esters de l'acide montanique

- ou synthétique :

E297 acide fumarique
E353 acide métatartrique
E354 tartrate de calcium
E355 acide adipique
E356, E357 adipate de sodium, de potassium
E363 acide succinique
E380 citrate de triammonium
E385 calcium disodium EDTA
E500, E501, E503, E504 carbonates de sodium, potassium, d'ammonium, de magnésium
E507 acide chlorhydrique
E513 acide sulfurique
E574 acide gluconique
E626 acide guanylique

[115] Article « Le vinaigre réduit », Hervé This, La cuisine collective Novembre 2006

Il faut noter que le pH est fluctuant en fonction de l'acide utilisé, pour une même quantité utilisée.
*Exemple extrait des résultats du Pôle de l'ENSP*

| **Mesure au pH-mètre** [116] | |
|---|---|
| 50 ml d'eau | pH = 6,8 |
| 50 ml d'eau + 2 gouttes de jus de citron | pH = 4,2 |
| 50 ml d'eau + 5 gouttes de jus de citron | pH = 3,4 |
| 50 ml d'eau + 5 gouttes de jus de citron + 15 g de sucre | pH = 3,5 |
| 500 ml d'eau + 2 gouttes d'acide citrique (50-50) | pH = 3,5 |
| 500 ml d'eau + 2 gouttes d'acide tartrique (50-50) | pH = 3,3 |
| 500 ml d'eau + 2 gouttes de vinaigre rouge | pH = 5,4 |
| 500 ml d'eau + 1 cuillerée à café rase de crème de tartre | pH = 3,5 |

Toutefois, toutes les fabrications ne pourront se prêter à un abaissement de leur pH ; il s'agira dans ce cas, d'avoir un œil particulièrement vigilant sur le contrôle des autres facteurs susceptibles de dégrader les denrées alimentaires.

[116] Extrait du document du pôle d'innovation technologique de l'Ecole nationale Supérieure de la Pâtisserie, Confiserie, Glacerie, Chocolaterie, Traiteur

#### 1.6.3.7 La stabilisation par la maîtrise de l'oxygène de l'air : MISE A JOUR 25 AVRIL 2008

Il existe différentes techniques permettant de limiter le contact des matières premières et des fabrications avec l'oxygène de l'air :

- **un conditionnement hermétique (sans modification des gaz ambiants)** :

Elle isole les matières premières et les fabrications du contact avec l'oxygène de l'air ; il convient de noter par ailleurs qu'une protection hermétique limite les contaminations croisées, et les pollutions (notamment dans le cas de fabrications riches en matière grasse et propices à capter les odeurs fortes dans leurs enceintes de stockage) ;
A noter la possibilité d'avoir recours à des matières premières comme protection hermétique contre l'action de l'air et de la lumière (exemple : un corps gras).

- **le conditionnement sous - vide ou sous atmosphère contrôlée** :

Le procédé de conservation permet de raréfier un gaz ou un mélange gazeux dans un sachet hermétique dans lequel on a placé une matière première ou une fabrication, par l'application d'une pression inférieure à la pression atmosphérique normale, couplé à un traitement de conservation par le froid ou par le chaud.

On distingue :

- **la technique du conditionnement sous - vide**, technique associant les phénomènes d'abaissement de la pression, d'aspiration de l'air et de vaporisation de l'eau ;

Oriol Balaguer[117] propose, dans un souci d'optimisation du travail, d'utiliser la technique du sous-vide majoritairement comme technique de conservation, associée à la surgélation – congélation

*Applications sur les pâtes crues, les biscuits cuits, les sabayons (non montés), les crèmes anglaises, les ganaches, la gélatine (mise sous vide en portions de gelée, congélation, et fonte en de la quantité requise à 50°C), les granités (pour une optimisation des saveurs et arômes), les appareils à croquants crus, mais aussi :*
*- les réductions (principe de réduction par la chaleur d'un liquide composé de : jus – fruits, acide comme vinaigre, alcool, …-, sucre (saccharose et/ou glucose), épices ou éléments aromatiques éventuellement*
*Exemples :*
*Réduction de citron : base 1 Kg de jus de citron, 50 g de sucre semoule et 100 g de glucose*
*Réduction de Porto : base 1 kg de Porto, 100 g de glucose*
*Réduction de vinaigre : 1 kg de vinaigre de Modène, 100 g de glucose*
*- les fonds (principe d'un sirop acidifié et parfumé)*
*Exemple :*
*Fonds de vinaigre et vanille : base 1 kg de sucre, 2 kg d'eau, 1 kg de vinaigre de Modène, 10 gousses de vanille (Caraméliser à sec le sucre, déglacer à l'eau chaude, incorporer les gousses de vanilleet le vinaigre préalablement réduit de moitié. Bouillir ensuite pendant 2 mn, refroidir. Conserver au frais*

- **la technique du conditionnement sous vide partielle**, technique permettant l'extraction de l'air et son remplacement par un un ou des gaz inertes de type azote ou anhydride carbonique (EAP ou emballage sous atmosphère protectrice)

Ces types de conditionnement permettent de freiner l'oxydation des produits, et de limiter le développement de certains micro-organismes (les bactéries aérophiles notamment).

- **l'utilisation d'anti-oxydants naturels ou d'additifs alimentaires antioxydants :**

Les antioxydants sont des substances utilisées pour prolonger la durée de conservation d'un produit en le protégeant de l'action de l'oxygène de l'air, et des réactions de brunissement enzymatique.

*Applications : Nappage, fourrage, biscuiterie, fruits en conserves, confiseries*

Il existe des agents antioxygènes naturels, comme l'acide ascorbique présent dans le jus de citron. D'autres agents

[117] « La nouvelle cuisine des desserts », Oriol Balaguer, Montagud Editores, Septembre 2005 – page 78 à 83

antioxygènes existent à l'état naturel :

- Dans le cas spécifique de l'huile d'olive, il est prouvé que cette huile renferme des agents anti-oxydants qui ajoutent à son intérêt nutritionnel (dont plusieurs types de phénols, dont l'hydroxytyrosol et deux « lignanes »[118]). L'huile d'olive vierge renfermerait aussi des tocophérols (la vitamine E)
- les tocophérols et carotènes dans le chocolat

En outre, des recherches ont prouvé l'activité antioxydante des extraits de plantes aromatiques : romarin, sauge, girofle, gingembre et benjoin.

Il existe aussi des additifs alimentaires antioxydants, d'origine :

- naturelle :

E300 acide L-ascorbique ou vitamine C
E306 extraits riches en tocophérols ou vitamine E

- ou synthétique :

E301 ascorbate de sodium
E302 ascorbate de calcium
E304 palmitate d'ascorbyle, stéarate d'ascorbyle
E307 à E309 alpha-tocophérol à delta-tocophérol
E310 gallate de propyle
E311 gallate d'octyle
E312 gallate de dodécyle
E315 acide érythorbique
E316 érythorbate de sodium
E320 butylhydroxyanisol
E321 butylhydroxytoluène

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

#### 1.6.3.8 L'exemple de la table analytique comme outil de stabilisation physique et microbiologique d'une fabrication :

La table analytique construite pour équilibrer les mix à glaces et à sorbets est une application parfaite des soins à apporter par le professionnel à trouver la juste stabilisation de ses fabrications en conservation.
**La stabilité des fabrications de glaces et de sorbets associe des procédés thermiques, des procédés mécaniques à la neutralisation de l'activité de l'eau.**

##### *1.6.3.8.1 La table analytique appliquée en Glacerie : MISE A JOUR 25 AVRIL 2008*

La table analytique appliquée en Glacerie propose l'équilibrage des formules de mix par :

- **le contrôle de la teneur en matière grasse totale** (dans le cas des mix contenant de la matière grasse), la matière grasse agissant dans les fabrications comme agent de texture (onctuosité, moelleux) et fixateur d'arômes.

La matière grasse totale comprend la matière grasse butyrique (lait, crème, beurre) + autres (provenant du jaune d'œuf

[118] « De la science aux fourneaux », Hervé This – Editons Belin *Pour la science*, mai 2007, page 39

(ovoproduits mentionnés par le Code), de produits comme le cacao, pâte de noisette, praliné, fruits secs, …) et d'autres d'origine exclusivement végétale (Code des Pratiques Loyales des Glaces Alimentaires)
Dans le cas des glaces, la matière grasse totale doit être inférieure à 22%, et la matière grasse butyrique inférieure entre 7 et 11%, au risque d'avoir :
- en excès de matière grasse, une texture visqueuse et le risque d'une déstabilisation du mix avec une quantité d'émulsifiants faible
- en manque de matière grasse, un rendement faible (une texture dure, plate), des qualités gustatives limitées, une durée de fonte accélérée

- **le contrôle de la teneur en sucres**, lesquels apportent la texture malléable aux fabrications (la « cuillérabilité »), le retardement de la fonte (par sa fixation en eau), l'allongement de la durée de conservation (par la diminution de l'aw), pour certains limitent les risques de cristallisation du sucre (exemple du glucose atomisé, du dextrose, du sucre inverti).

En règle générale, des « mix de sucres » sont utilisés pour combiner leurs propriétés technologiques (pouvoir sucrant, niveau de DE, …) et fonctionnelles (abaissement du point de congélation, pouvoir hygroscopique,…).

Dans le cas des glaces, il est conseillé d'avoir une teneur en sucres comprise entre 16 et 23% ; dans le cas des sorbets, il est conseillé d'avoir une teneur en sucres comprise entre 25 et 33%.

- **le contrôle de la teneur en extraits secs**, étant donné son rôle comme agent de texture dans les fabrications glacées :

On entend par extrait sec total (EST), l'ensemble des éléments en suspension et en solution présent dans un mix et qui se retrouvent en masse pondérable après évaporation
L'EST comprend :
- les éléments en suspension : pulpes de fruits, matières grasses butyriques, … qui durcissement à T° négative
- et les éléments en solution : sucres, éléments du lait (glucides, sels minéraux, vitamines), alcools, jus de fruits, … qui agissent directement sur le point de congélation du mix

En règle générale, l'EST doit être entre 37 et 42%, au risque d'apporter une texture sableuse au mix après turbinage (dans le cas d'un excès d'extraits secs), ou la formation de paillettes de glace (par la cristallisation d'une quantité importante d'eau libre) dans le cas d'un manque en extraits secs.

- **le contrôle de la teneur en extrait sec dégraissé du lait (ESDL),** qui apporte non seulement de l'onctuosité et du moelleux, du corps aux fabrications mais augmente aussi le taux de foisonnement des mix et retarde la fonte par sa capacité à fixer l'eau :

L'extrait sec dégraissé du lait (ESDL) comprend les matières sèches issues du lait, sans la matière grasse
ESDL = Quantité produit laitier – Eau – Matière grasse
Dans le cas d'une glace, l'ESDL est inférieure à 10% ; dans le cas des sorbets, l'ESDL (provenant de la poudre de lait à 0% de matière grasse) est inférieure à 3%, une quantité excessive d'ESDL peut présenter le risque d'apporter une texture plate et sableuse aux fabrications (consécutif à la cristallisation du lactose du lait en excès).
Il est par ailleurs conseillé dans le cas des glaces, de limiter la teneur de l'ESDL associée à celle de la matière grasse entre 16 et 22%.

- **le contrôle de la teneur en additifs autorisés,**
  - des stabilisateurs parmi les additifs suivants : E401 alginate de sodium, E403 alginate d'ammonium, E406 agar-agar, E407 carraghénanes, E410 farine de graines de caroube, E412 gomme de guar, E415 gomme xanthane, E440 pectines, E466 gomme de cellulose (1% maximum)
  - et des émulsifiants, parmi les additifs suivants : E322 lécithine, E471 mono et diglycérides d'acides gras, E472 esters d'acides gras (0,3% maximum)

Avec l'adoption du nouveau Code des Pratiques Loyales des Glaces Alimentaires le 4 mars 2008 par la Confédération Nationale des Glaciers – Fabricants, les tables analytiques suivent la classification et les spécificités suivantes :
*Dispositions du Code applicable uniquement à la partie « glace alimentaire » dans le cas de produits glacés associés à d'autres aliments (produits dits composite)*

| | |
|---|---|
| **Glace à l'eau, Glaçon**<br>Poids minimal par litre : 450 g | **Produit conforme à la définition générale « glace alimentaire »**, et contenant :<br>**- un EST (Extrait sec total) au moins égal à 12%** |

| | |
|---|---|
| **Glace**<br>Poids minimal par litre : 450 g | **Produit conforme à la définition générale « glace alimentaire »,** et contenant :<br>**- des matières grasses alimentaires** (matière grasse provenant du lait, d'ovoproduits, de toute autre matière grasse d'origine exclusivement végétale, d'un mélange en proportion non définies, des matières grasses précédentes)<br>- **des sources de protéines** : non laitières (protéines végétales, protéines d'œuf ou d'ovoproduit, gélatine, ou tout mélange en proportions non définies des protéines précédentes), laitières (caséines, caséinates et protéines du petit lait et du lactosérum et leurs mélanges). |
| **Glace au lait**<br>Poids minimal par litre : 450 g | **Produit conforme à la définition générale « glace alimentaire »,** et contenant :<br>- des matières grasses exclusivement laitières **en proportion minimale de 2,5%** (compris des matières grasses pouvant provenir d'ovoproduits)<br>**- au moins 6 % d'ESDL**<br>- **des sources de protéines** : laitières (caséines, caséinates et protéines du petit lait et du lactosérum et leurs mélanges), non laitières (ovoproduits ou gélatine ou tout mélange en proportions non définies des protéines précédentes)<br>- **des matières aromatisantes** dans lesquelles des matières grasses ou des protéines sont naturellement présentes. |
| **Glace aux œufs**<br>Poids minimal par litre : 550 g | **Produit conforme à la définition générale « glace alimentaire »,** et contenant :<br>**- au moins 7% de jaune d'œuf**<br>- des matières grasses exclusivement laitières (compris des matières grasses pouvant provenir d'ovoproduits)<br>- **des sources de protéines** : laitières (caséines, caséinates et protéines du petit lait et du lactosérum et leurs mélanges), non laitières (ovoproduits ou gélatine ou tout mélange en proportions non définies des protéines précédentes)<br>- **des matières aromatisantes** dans lesquelles des matières grasses ou des protéines sont naturellement présentes. |
| **Crème glacée**<br>Poids minimal par litre : 450 g | **Produit conforme à la définition générale « glace alimentaire »,** et contenant :<br>- **des matières grasses** exclusivement laitières **en proportion minimale de 5%** (compris des matières grasses pouvant provenir d'ovoproduits)<br>- **des sources de protéines** : laitières (caséines, caséinates et protéines du petit lait et du lactosérum et leurs mélanges), non laitières (ovoproduits ou gélatine ou tout mélange en proportions non définies des protéines précédentes)<br>- **des matières aromatisantes** dans lesquelles des matières grasses ou des protéines sont naturellement présentes. |
| **Glace aux fruits à « nom du fruit » ou des fruits », glace à l'eau au(x) fruit(s) à « nom du fruit ou des fruits », glaçon au(x) fruit(s) à « nom du fruit ou des fruits »**<br>Poids minimal par litre : 450 g | **Produit conforme à la définition générale « glace alimentaire »** et « glace à l'eau, glaçon », et contenant :<br>**- un EST (Extrait sec total) au moins égal à 12%**<br>**- au moins 15 % de fruits**. En cas de mélange de fruits, ce taux minimum s'applique à l'ensemble des fruits mis en œuvre.<br>Teneur pouvant être réduite selon le type de fruits (voir règle de base n°1) : 10% pour les fruits acides et fruits exotiques ou spéciaux, 5% pour les fruits à coque et leurs préparations (3% pour la pistache et la noisette). Les fruits, leur pulpe, leur jus ou toute autre préparation sont employés soit à l'état frais, soit sous forme de tous produits convenablement conservés par toutes techniques appropriées. |
| **Sorbet**<br>Poids minimal par litre : 450 g<br><br>*Sorbet aux fruits*<br><br>*Sorbets aux légumes* | **Produit conforme à la définition générale « glace alimentaire »** et « glace à l'eau, glaçon »,<br>mélange d'eau et de sucre **dans lesquelles aucun matière grasse n'est ajoutée**, et contenant :<br>**- un EST (Extrait sec total) au moins égal à 12%**<br>et :<br>- **dans le cas des sorbets aux fruits :**<br>**au moins 25% de fruits.** En cas de mélange de fruits, ce taux minimum s'applique à l'ensemble des fruits mis en œuvre.<br>Teneur pouvant être réduite selon le type de fruits (voir règle de base n°1) : 15% pour les fruits acides et fruits exotiques ou spéciaux, 5% pour les fruits à coque et leurs préparations |

| | |
|---|---|
| *Sorbets à « nom de l'alcool » - « nom de la préparation aromatisante » - « nom de l'épice » - « nom de la plante »* | (3% pour la pistache et la noisette). Les fruits, leur pulpe, leur jus ou toute autre préparation sont employés soit à l'état frais, soit sous forme de tous produits convenablement conservés par toutes techniques appropriées.<br>- **dans le cas des sorbets aux légumes** :<br>**au moins 25% de légumes.** En cas de mélange de légumes, ce taux minimum s'applique à l'ensemble des légumes mis en œuvre.<br>Teneur pouvant être réduite selon le type de légumes (voir règle de base n°1) : 10% pour les légumes à saveur forte (céleri, poivron, radis, navet, …). Les légumes, leur pulpe, leur jus ou toute autre préparation sont employés soit à l'état frais, soit sous forme de tous produits convenablement conservés par toutes techniques appropriées.<br>- **dans le cas des sorbets à « nom de l'alcool » - « nom de la préparation aromatisante » - « nom de l'épice » - « nom de la plante »** :<br>un alcool ou une préparation aromatisante (autre que les fruits), un ou des épices ou plantes en quantité suffisante pour conférer au produit la saveur caractéristique. |
| **Sorbet plein fruits**<br>Poids minimal par litre : 650 g | **Produit conforme à la définition générale des sorbets,** et contenant :<br>**- un EST (Extrait sec total) au moins égal à 12%**<br>**- au moins 45% de fruits** ( **20% pour les fruits acides, à saveur forte ou à consistance pâteuse**). En cas de mélange de fruits, ce taux minimum s'applique à l'ensemble des fruits mis en œuvre. |

**EXTRAIT SEC des produits laitiers**

| PRODUIT | % MG | % ESDL | % EAU | % Extrait sec |
|---|---|---|---|---|
| Lait entier | 3,6 | 8,4 | 88 | 12 |
| Lait écrémé | 0 | 9,2 | 91 | 9,3 |
| Crème de lait 30% MG | 30 | 6,4 | 63,5 | 36,5 |
| Crème de lait 35%MG | 35 | 6,0 | 59 | 41 |
| Crème de lait 40%MG | 40 | 5,5 | 54,5 | 45,5 |
| Beurre laitier | 82 | 2 | 16 | 84 |
| Poudre de lait à 0% MG | 1 | 96 | 4 | 97 |
| Poudre de lait à 26% MG | 26 | 71 | 3 | 97 |
| Jaunes d'oeufs | 33 | - | 50 | 50 |

**EXTRAIT SEC des sucres**

| TYPE DE SUCRE | % EXTRAIT SEC | % EAU |
|---|---|---|
| Saccharose | 100 | - |
| Glucose atomisé | 95 | 5 |
| Dextrose | 92 | 8 |
| Sucre inverti | 78 | 22 |
| Lactose | 100 | - |
| Miel | Variable | - |

1.

**EXTRAIT SEC des chocolats**

| LES CHOCOLATS | % CACAO TOTAL | % SUCRE | % MG TOTALES | % CACAO SEC AU Kg |
|---|---|---|---|---|
| Guanaja | 70 | 30 | 42,5 | 27,5 |
| Caraïbes | 66 | 34 | 40,6 | 25,6 |
| Manjari | 64 | 35 | 40 | 24 |
| Extra Bitter | 61 | 39 | 34,2 | 26,8 |
| Caraque | 56 | 44 | 37,1 | 18,9 |
| Extra Amer | 67 | 33 | 37,5 | 29,5 |
| Fleur de Cao | 70 | 29,3 | 42,7 | 27,3 |
| Ultime | 70 | 29,3 | 42,7 | 27,3 |
| Favorite mi-amère | 58,3 | 41,1 | 38,7 | 19,6 |
| Extra Bitter | 64,7 | 34,4 | 40,3 | 24,4 |
| Amère Concorde L | 66,5 | 32,8 | 39,4 | 27,1 |
| Favorite café | 53,2 | 41,9 | 38,5 | 17,4 |
| Favorite orange | 50,7 | 48,7 | 34,4 | 16,3 |
| Blanc satin | - | 55 | 30,5 | 14,5 |
| Pâte de cacao | 100 | 0 | 54,05 | 54,95 |
| Poudre de cacao | 100 | 0 | 18 | 82 |
| Chocolat labo | | | | |
| Force noire | 50 | 49,4 | 27,3 | 22,7 |
| Chocolat amer | 59,7 | 39,7 | 27,6 | 27,6 |

**EXTRAIT SEC des fruits**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Abricot | 14 | Mandarine | 12 |
| Airelle | 16 | Mangue | 15 |
| Ananas | 14 | Marron frais | 49 |
| Amande | 94 | Melon | 8 |
| Avocat | 32 | Mûre | 16 |
| Banane | 25 | Myrtille | 15 |
| Cerise | 19 | Noisette | 93 |

**PRESENTATION DES NOUVELLES TABLES ANALYTIQUES**
(conformément à la nouvelle réglementation)

| GLACE A L'EAU – GLACE AUX FRUITS à « nom du fruit ou des fruits» - GLACE A L'EAU au(x) fruit(s) à « nom du fruit ou des fruits » – SORBET – SORBET PLEIN FRUIT | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **POIDS** | **POUDRE DE LAIT 0% MG** | **ESDL** | **SUCRE(S)** | **FRUIT(S) - LEGUME(S)** | **STAB.** | **AROME** | **ALCOOL** | **E.S.T.** |
| **EAU** | | | | | | | | | |
| **SUCRE(S)** | | | | | | | | | |
| ***Saccharose*** | | | | | | | | | *99,9%* |
| ***Glucose atomisé*** | | | | | | | | | *95%* |
| ***Dextrose*** | | | | | | | | | *92%* |
| ***Sucre inverti*** | | | | | | | | | *78%* |
| | | | | | | | | | |
| **PRODUITS LAITIERS** | | | | | | | | | |
| ***Lait en poudre 0% MG*** | | | *1%* | *96%* | | | | | *97%* |
| **FRUIT(S) – LEGUME(S)** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| **STABILISATEUR pour sorbets** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| **AROME** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| **ALCOOL** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| **POIDS TOTAUX** | | | | | | | | | |
| **% REELS** | | | | | | | | | |
| **% IMPOSES** | | | | | **Voir législation ci-dessous** | | | | **12% min.** |
| **% PRECONISES pour une recette équilibrée** | | **3% maximum** | | **Saccharose entre 25 et 33% 5% max de glucose atomisé** | | **1 % max** | **0,1 %** | **3% max** | **Entre 28 et 33%** |

| **POINTS CLEFS LEGISLATION** | **Glace à l'eau** | **Glace aux fruits** | **Sorbet aux fruits** | **Sorbets aux légumes** | **Sorbet à « nom de l'alcool », « nom de la préparation aromatisante », « nom de l'épice », « nom de la plante »** | **Sorbet plein fruits** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fruits – légumes usuels** | | 15% min (fruits) | 25% min (fruits) | 25% min (légumes) | | 45% min (fruits) |
| **Fruits acides** | | 10% min | 15% min | | | 20% min |
| **Fruits – légumes spéciaux** | | 10% min 5% (fruits à coques[119]) | 15% min 5% (fruits à coques[120]) | 10% min pour les légumes à saveur forte (céleri, poivron, radis, navet …) | | |
| **Poids minimal au litre** | 450 g | 450 g | 450 g | 450 g | 450g | 650 g |

[119] 3% pour la pistache et la noisette
[120] Idem

| GLACE - GLACE AU LAIT- GLACE AUX ŒUFS - CRÈME GLACEE[121] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | POIDS | MG | ESDL | SUCRE(S) | JAUNE | STAB. | EMUL. | AROME | E.S.T. |
| **PRODUITS LAITIERS** | | | | | | | | | |
| **Lait entier** | | *3,6%* | *8,4%* | | | | | | *12%* |
| **Lait écrémé** | | *0%* | *9,2%* | | | | | | *9,3%* |
| **Lait en poudre 0% MG** | | *1%* | *96%* | | | | | | *97%* |
| | | | | | | | | | |
| **Crème fraîche 35% MG** | | *35%* | *6,0%* | | | | | | *41%* |
| | | | | | | | | | |
| **Beurre laitier 82% MG** | | *82%* | *2%* | | | | | | *84%* |
| | | | | | | | | | |
| **OEUFS** | | | | | | | | | |
| **Jaunes d'œufs** | | *33%* | | | | | | | *50%* |
| | | | | | | | | | |
| **SUCRE(S)** | | | | | | | | | |
| **Saccharose** | | | | | | | | | *99,9%* |
| **Glucose atomisé** | | | | | | | | | *95%* |
| **Dextrose** | | | | | | | | | *92%* |
| **Sucre inverti** | | | | | | | | | *78%* |
| | | | | | | | | | |
| **STABILISATEUR pour glace** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| **EMULSIFIANT** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| **AROME** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| **POIDS TOTAUX** | | | | | | | | | |
| **% REELS** | | | | | | | | | |
| **% IMPOSES** | | | | | | | | | |
| **% PRECONISES** | | **Entre 7 et 11%** | **Inférieur à 10%** | **Entre 16 et 23%** | | **1 % max** | **0,3 % max** | **0,1 %** | **Entre 37 et 42%** |
| | | **Entre 16 et 22%** | | | | | | | |

| POINTS CLEFS LEGISLATION | Glace | Glace au lait | Glace aux œufs | Crème glacée |
|---|---|---|---|---|
| **Matière grasse** | 5% min. | 2,5 % min. | | 5% min. |
| **Nature matière grasse** | Laitières et non laitières | Laitières | Laitières | Laitières |
| **Nature des protéines** | Laitières | Laitières | Laitières | Laitières |
| **ESDL** | | 6% min. | | |
| **Jaune d'œuf** | | | 7% min. | |
| **Poids minimal au litre** | 450 g | 450 g | 550 g | 450 g |

[121] Sources de protéines : protéines de lait, d'ovo produits, de la gélatine

Application : le contrôle d'une recette de la glace aux œufs vanille par la table analytique

| GLACE AUX OEUFS[122] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **POIDS** | **MG** | **ESDL** | **SUCRE(S)** | **JAUNE** | **STAB.** | **EMUL.** | **AROME** | **E.S.T.** |
| **PRODUITS LAITIERS** | | | | | | | | | |
| **Lait entier** | **1036** | *(3,6% x 1036)* **37,30** | *(8,4% x 1036)* **87,02** | | | | | | *(12% x 1036)* **124,30** |
| **Crème fraîche 35% MG** | **200** | *(35% x 200)* **70** | *(6,0% x 200)* **12** | | | | | | *(41% x 200)* **82** |
| **OEUFS** | | | | | | | | | |
| **Jaunes d'œufs** | **200** | *(33% x 200)* **66** | | | **200** | | | | *(50% x 200)* **100** |
| **SUCRE(S)** | | | | | | | | | |
| **Saccharose** | **250** | | | **250** | | | | | *(99,9% x 250)* **249,8** |
| **Sucre inverti** | **50** | | | **50** | | | | | *(78% x 50)* **39** |
| **STABILISATEUR pour glace** | | | | | | | | | |
| **Stabilisateur** | **1** | | | | | **1** | | | **1** |
| **EMULSIFIANT** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| **AROME** | | | | | | | | | |
| **Vanille** | **2** | | | | | | | **2** | **2** |
| **POIDS TOTAUX** | **1739** | **173,3** | **99,02** | **300** | **200** | **1** | | **2** | **598,1** |
| **% REELS** | **100** | **9,96** | **5,70** | **17,25** | **12,40** | **0,05** | | **0,11** | **34,40** |
| **% IMPOSES** | Poids minimal par litre 550 g | MG exclusivement laitière | | | Au moins 7% de jaune d'œufs | | | | |
| **% PRECONISES** | | Entre 7 et 11% | Inférieur à 10% | Entre 16 et 23% | | 1 % max | 0,3 % max | 0,1 % | Entre 37 et 42% |
| | | Entre 16 et 22% | | | | | | | |

**Analyse ;** cette glace présente un extrait sec total inférieur à la valeur préconisée (34,4% d'EST alors que la moyenne doit se situer entre 37 et 42%). La somme du pourcentage de matière grasse et du pourcentage d'ESDL donne un résultat très légèrement inférieur aux valeurs préconisées (15,70 au lieu de 16 à 22%).
Pour équilibrer cette recette, il est possible d'ajouter de l'ESDL, sous forme par exemple de sucre (saccharose, sucre inverti …), et/ou de poudre de lait à 0% de matière grasse (pour éviter d'apporter un complément de matière grasse à la recette, d'autant que le pourcentage réel de matière grasse correspond à la norme préconisée.

[122] Sources de protéines : protéines de lait, d'ovo produits, de la gélatine

Application : le contrôle d'une recette de sorbet plein fruit par la table analytique

| SORBET PLEIN FRUIT (base 60% de pulpe de framboise) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **POIDS** | **POUDRE DE LAIT 0% MG** | **ESDL** | **SUCRE(S)** | **FRUITS** | **STAB.** | **AROME** | **ALCOOL** | **E.S.T.** |
| **EAU** | **1520** | | | | | | | | |
| **SUCRE(S)** | | | | | | | | | |
| ***Saccharose*** | **2030** | | | **2030** | | | | | *(99,9% x 2030)* **2028** |
| ***Glucose atomisé*** | **400** | | | **400** | | | | | *(95% x 400)* **380** |
| | | | | | | | | | |
| **FRUIT(S)** | | | | | | | | | |
| Framboise (pulpe) | **6000** | | | | **6000** | | | | (14% x 6000) **840** |
| | | | | | | | | | |
| **STABILISATEUR pour sorbets** | | | | | | | | | |
| Stabilisateur | **50** | | | | | **50** | | | **50** |
| **AROME** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| **ALCOOL** | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| **POIDS TOTAUX** | **10 000** | | | **2430** | **6000** | **50** | | | **3298** |
| **% REELS** | | | | **20,34% de saccharose 4% de glucose atomisé** | **60** | **0,5** | | | **32,98** |
| **% IMPOSES** | | | | | **Voir législation ci-dessous** | | | | **12% min.** |
| **% PRECONISES pour une recette équilibrée** | | *3% maximum* | | ***Saccharose : entre 25 et 33%*** ***5% max de glucose atomisé*** | | ***1 % max*** | ***0,1 %*** | ***3% max*** | ***Entre 28 et 33%*** |

**Analyse ;** ce sorbet plein fruit est globalement équilibré, excepté la teneur en saccharose qui est légèrement inférieure aux pourcentages préconisés. Il est alors possible de diminuer la quantité de pulpe de fruits pour augmenter sensiblement le pourcentage de saccharose dans le mix.

### 1.6.3.8.2 La table analytique appliquée en Chocolaterie - Confiserie :

La méthode de stabilisation des mix par la table analytique s'applique avantageusement à l'équilibre des recettes de ganache, pour garantir une durée de conservation et une texture optimales.
Le process retient la nécessité de tenir compte non seulement des produits utilisés (en l'occurrence de leur composition précise), mais aussi de la durée de conservation attendue et des méthodes de fabrication et de conservation, lesquels peuvent influencer de manière notable le calcul des extraits secs.

Illustration de la technique : exemple sur la recette de la ganache noire (ganache noire pour enrobage, recette de Germain Etienne)

| Ingrédients | POIDS | ES cacao | Beurre de cacao | MG totale | ESDL | Sucres totaux | EST |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Couverture choc. Favorite mi-amère à 58,3%** | 1,000 | 0,196 | 0,387 | 0,387 | | 0,411 | 0,994 |
| **Crème fraîche à 35%** | 0,500 | | | 0,175 | 0,030 [123] | | 0,205 |
| **Jus ou purées de fruits** | | | | | | | |
| **Beurre** | 0,250 | | | 0,205 | 0,005 [124] | | 0,210 |
| **Sucre inverti** | 0,180 | | | | | 0,180 | 0,140 [125] |
| **Sorbitol** | | | | | | | |
| **Alcool** | | | | | | | |
| **Divers** | | | | | | | |
| **POIDS TOTAUX** | 1930 | 0,196 | 0,387 | 0,812 | | 0,591 | 1549 |
| **% réels** | | | **20%** | **42%** | | **31%** | **80%** |
| **% conseillés (par l'ENSP)[126]** | | | > 18% | Entre 25 et 40% | | > 25% | > 75% |
| | | | *Rôle dans la texture de la ganache (état solide à t° ambiante, fondant en bouche) Rôle dans l'équilibre de l'émulsion* | *Rôle dans la texture de la ganache (t° de fusion différente du beurre de cacao) Rôle dans l'équilibre de l'émulsion* | | *Rôle dans la texture de la ganache (ramollissement) Rôle dans la conservation (fixateur d'eau)* | *Rôle dans la conservation (action simultanée entre teneur en EST et durée de conservation)* |

123 ESDL crème à 30% de MG : 6%
124 ESDL beurre : 2%
125 ES sucre inverti : 78%
126 Le Journal du Pâtissier, n°307, Avril 2006, page 70, « Comment équilibrer ses recettes de ganache ? », à partir des travaux du Pôle Innovation de l'ENSP, Mathieu Barriquault

Comparons à présent avec une recette de ganache proposée par Frédéric Bau dans son ouvrage « Au cœur des saveurs » [127]

| Ingrédients (en g) | POIDS | ES cacao | Beurre de cacao | MG totale | ESDL | Sucres totaux | EST |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Chocolat Guanaja 70%[128] | 1108 | 321,32 (29%) | 465,36 (42%) | 465,36 | | 332,40 (30%) | 1119,08 |
| Crème fraîche à 35% | 1000 | | | 350 | 60 [129] | | 410 |
| Jus ou purées de fruits | | | | | | | |
| Beurre | 316 | | | 316 | 6,32 [130] | | 322,32 |
| Sucre inverti | 195 | | | | | 195 | 152,10 [131] |
| Sorbitol | | | | | | | |
| Alcool | | | | | | | |
| Divers | | | | | | | |
| POIDS TOTAUX | 2619 | 331,32 | 465,36 | 1131,36 | | 527,40 | 2003,50 |
| **% réels** | | | **17,7%** | **43,10%** | | **20,10%** | **76,4%** |
| % conseillés (par l'ENSP) | | | > 18% | Entre 25 et 40% | | > 25% | > 75% |

De cette recette de ganache et à la lecture de la table analytique, il faut formuler les observations suivantes :

- une teneur en matière grasse (notamment de matière grasse ajoutée) légèrement supérieure au % maximum recommandé (rappel : la matière grasse est un agent de texture et de saveurs) ;
- une teneur en sucres inférieure au % recommandé (rappel : le sucre est un agent de texture et apporte le ramollissement de la ganache).

| APPLICATIONS dans les métiers de boulanger pâtissier |
|---|
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de boucher charcutier traiteur |
| |
| APPLICATIONS dans les métiers de poissonnier écailler traiteur |
| |

[127] « Au cœur des saveurs », Frédéric Bau, Montagud Editores 2006, page 221

[128] 1 kg de couverture Guanaja comprend 30% de sucre, 42% de beurre de cacao (poids total), 29% d'extrait sec de cacao de fèves, 1% de vanille, 1% de lécithine de soja

[129] ESDL crème à 30% de MG : 6%

[130] ESDL beurre : 2%

[131] ES sucre inverti : 78%

## Conclusion

Nous terminerons ce dossier en reprenant tout simplement notre introduction, en espérant avoir respecté nos considérations premières :

*« Le dossier ne se pose pas (…) en « faiseur de leçons », mais plutôt en tant que guide, d'accompagnement à la réflexion des équipes enseignantes sur des pratiques nouvelles, techniques et pédagogiques.*
*Le dossier poursuit (aussi le but de dépasser les paramètres de choix du Pâtissier et du Cuisinier dans l'exercice de son métier,* ***non dictés par des automatismes techniques mais par des analyses raisonnées****.*

*Les notions développées dans ce dossier sont parfois polémiques ; toutefois, elles ne peuvent se nourrir d'a priori, de discours arrêtés, d'envolés passionnelles, …. ; Elles nécessitent au contraire que vous, lecteurs, puissiez accorder du temps à une lecture exhaustive de son contenu, pour en juger de sa pertinence, et des possibles transferts dans vos pratiques d'enseignement.*

*Car voilà là un aspect fondamental et implicite que le dossier entend soulever :* ***INNOVER !***